ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 FÉVRIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur une explication probable de certains échos ionosphériques fortement retardés.* Note (*) de M. **Pierre Lejay** et Mlle **Jeanne Durand.**

Sur de nombreux enregistrements de sondages ionosphériques d'hiver, on observe, à la fin de la nuit, des échos diffus ayant subi un retard correspondant à une distance de l'ordre de 1500^{km}, entre 2^h et 4^h, se réduisant progressivement pour se confondre avec la couche F_2 au lever du Soleil. Ces échos sont enregistrés au-dessus des échos dus à la couche F_2, à partir d'une fréquence de l'ordre de 4 ou 5 MHz; ils se prolongent vers les hautes fréquences, bien au delà de la fréquence critique observée pour la couche F_2.

Sur un enregistrement donné la *hauteur apparente* décroît en général quand la fréquence augmente (*fig.* 1).

L'hypothèse d'une couche ionisée très élevée qui a pu être avancée pour expliquer ces réflexions des ondes électromagnétiques, ne résiste pas à la critique. D'une part, il est difficile d'admettre que les ondes électromagnétiques traversent la couche F_2, généralement considérée comme continue, pour atteindre, aux basses fréquences, une région supérieure; d'autre part, on ne trouve dans cette hypothèse aucune explication possible au fait que le retard des échos diminue quand la fréquence augmente. Le retard qui aurait lieu si la couche F_2 était traversée, serait marqué d'une discontinuité au passage par la fréquence critique de F_2, ce qui n'est pas le cas.

Puisque, en vertu de ces constatations, une réflexion à la verticale ne peut être invoquée, il vient naturellement à l'esprit de chercher l'explication de ces échos par une réflexion oblique. L'allure de la courbe de réponse sur l'enregis-

(*) Séance du 9 janvier 1950.

trement en fonction de la fréquence, est d'ailleurs en tout semblable à celle des retards enregistrés à grande distance d'un émetteur d'impulsions, à balayage de fréquence. On sait que dans une telle transmission pour laquelle deux tra-

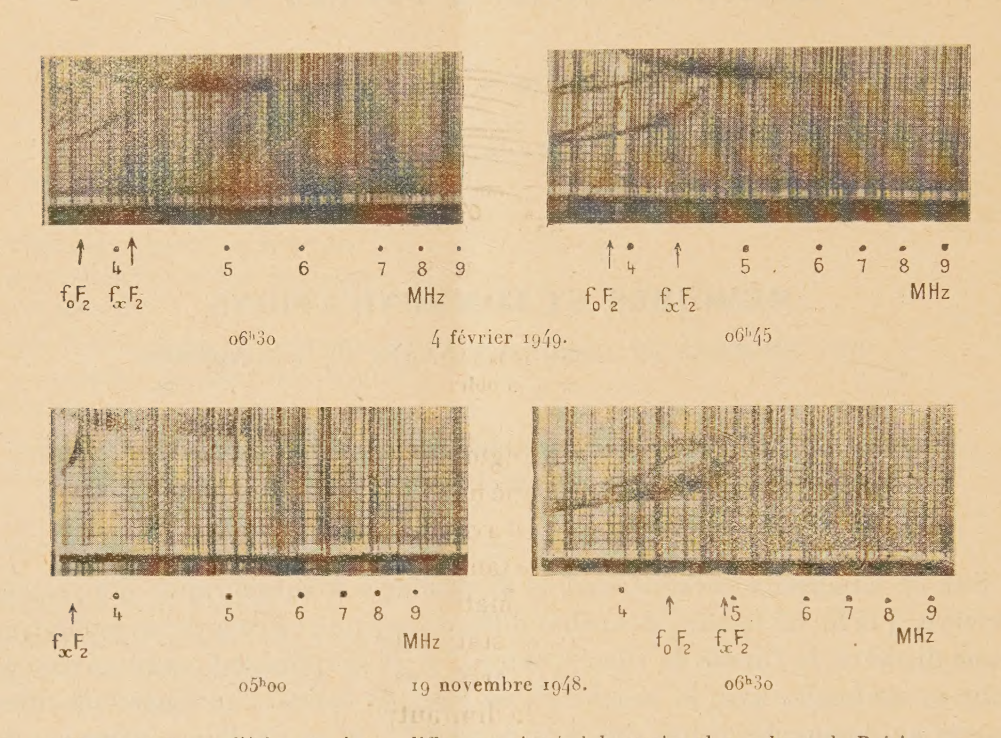


Fig. 1. — Types d'échos matinaux diffus enregistrés à la station de sondages de Poitiers.

jets des ondes sont en général possibles, les retards à la réception des ondes ayant suivi le trajet supérieur, émises sous l'angle le plus grand au-dessus de l'horizon, diminuent lorsque la fréquence augmente (¹).

Il doit en être de même pour une émission de sondages s'il existe une réflexion à grande distance sur une région ionisée; une partie de l'énergie émise obliquement pénètre au sein de la couche F_2 et s'y réfractant doit poursuivre sa route tangentiellement à une courbe d'égale ionisation. Si cette onde rencontre dans la suite des zones de la région F_2 de plus forte densité ionique, elle peut trouver les conditions d'une réflexion et une partie de cette énergie reviendra soit par le chemin inverse de l'aller, soit par un autre trajet vers l'émetteur, où elle sera enregistrée comme un écho de grand retard.

De tels échos répondraient bien aux conditions expérimentales constatées, et l'on doit bien s'attendre à ce qu'ils soient diffus. Le seul point qui reste à discuter paraît être l'ordre de grandeur du retard enregistré.

(¹) Beynon, *Radio Research Board*, paper nº C 88, 1944.

En fait, sur les planisphères donnant l'état d'ionisation de la couche F_2, on constate qu'il existe, en hiver, au sud-est d'une station située à nos latitudes, au delà d'une zone d'ionisation minimum, une zone de très fort gradient de la

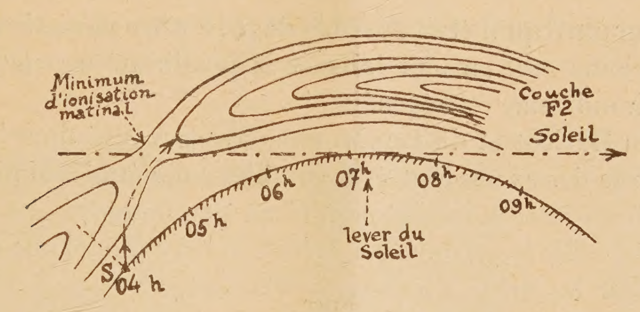


Fig. 2. — Coupe verticale de la répartition de densité ionique montrant les conditions de réflexion oblique sur F_2 avant le lever du Soleil.

densité ionique, correspondant à la région d'illumination par le Soleil levant au niveau de F_2 en avance de plus d'une heure sur le lever du Soleil au sol. Cette bande de fort gradient, qui se propage avec la ligne de lever du Soleil, se trouve précisément avoir sa limite à une distance de l'ordre de 1500^{km} de la station émettrice lorsqu'il est à celle-ci 3^h du matin.

Sa vitesse de déplacement vers la station (c'est-à-dire dans une direction faisant environ 45° avec les parallèles terrestres) est de l'ordre de 700 km/heure, beaucoup plus grande il est vrai que la diminution de retard des échos observés. Mais il faut remarquer que l'angle de départ des ondes susceptibles de se réfléchir croît rapidement lorsque la zone de réflexion s'approche; le retard doit donc diminuer plus lentement que la distance de la zone de réflexion pour finalement se réduire, lorsque la zone de réflexion se rapproche du zénith de la station, au retard observé à la verticale pour la réflexion sur F_2. Si la loi de variation du retard des échos retardés est difficile à expliciter, nous pouvons en avoir l'ordre de grandeur par l'évaluation des distances limites. On peut ainsi en apprécier une valeur moyenne qui correspond bien aux faits observés.

Ainsi se trouveraient vérifiés tous les caractères des échos réellement enregistrés, l'heure de leur apparition et leur disparition, la saison où on les observe, leur allure diffuse, leur mouvement continu de rapprochement apparent, leur fusion finale avec les échos réguliers dus à F_2 et l'absence de discontinuité lorsque la fréquence de balayage passe par la fréquence critique de F_2. La multiplicité des aspects envisagés, objets de vérifications favorables, semble donner à l'explication proposée une sérieuse probabilité.

En certains cas, on pourrait imaginer une situation ionosphérique analogue à celle qui a été décrite et susceptible de donner des réflexions obliques à d'autres heures de la nuit. Le phénomène ne serait donc pas nécessairement toujours lié à l'approche du maximum diurne d'ionisation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur la régénération du chondriome dans les radicules.* Note de M. **Pierre Dangeard.**

Nous avons montré qu'il était possible de priver des méristèmes radiculaires de leur chondriome tout en leur laissant la possibilité de survivre. Dans ces conditions le chondriome est régénéré ([1]).

En dehors du Haricot et du Lupin, nous avons trouvé dans les radicules de Pois et de Courge des exemples très favorables à ces études sur le chondriome. Alors que le Pois présente une sensibilité un peu moindre que celle du Lupin blanc, les durées efficaces pour la destruction du chondriome dans la Courge sont sensiblement les mêmes qu'avec le Haricot, soit 5 à 7 minutes avec les solutions à 1 % et 30 à 45 minutes avec les solutions à 1 ‰. Cette durée de trempage dans les solutions ne tue pas les cellules du point de végétation qui se montrent bien vivantes après 24 heures et riches en mitochondries, grains et bâtonnets surtout. Or, les radicules de Courge, sur les plantules très jeunes, sont encore dépourvues de ramification mais possèdent de nombreuses ébauches radicellaires encore cachées dans la profondeur des tissus et dont les cellules, au même titre que celles du méristème terminal, sont très sensibles à l'acide acétique dilué. Dans des conditions où les cellules voisines plus différenciées ont conservé leur chondriome, au moins partiellement, ces éléments de méristème se montrent totalement dépourvus de chondriosomes; leur cytoplasme, très chromatique, est criblé de vacuoles assez petites, mais on n'y observe aucune formation particulière pouvant être attribuée à des restes d'un chondriome détruit (*fig. A*). Les chondriosomes, après être passés par un stade de vésicules à parois très colorables, ont perdu toute individualité et leur substance s'est, de toute évidence, dispersée et confondue dans la masse générale du cytoplasme. Cependant ces ébauches radicellaires se retrouvent 24 heures après constituées de cellules riches en chondriosomes sous forme de grains et de bâtonnets (*fig. B*). On est donc obligé d'admettre que ces chondriosomes se sont formés *de novo* par différenciation au sein du cytoplasme.

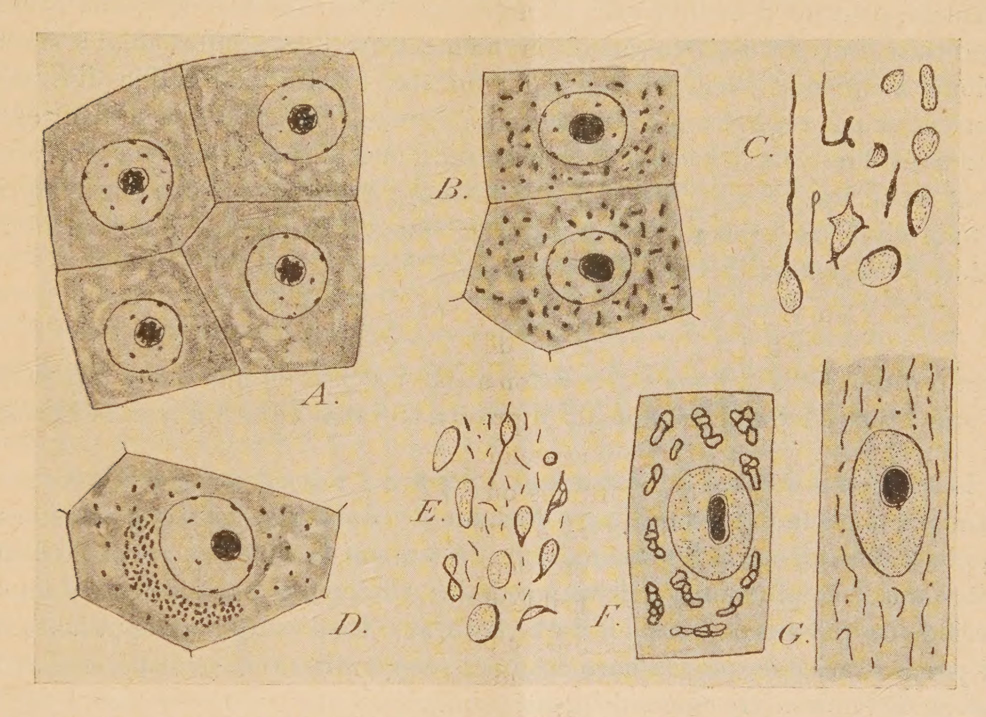
Dans l'exemple de ces ébauches radicellaires de la Courge, nous avons des massifs cellulaires faciles à identifier et qui se retrouvent à 24 heures de distance tantôt privés de chondriosomes, tantôt pourvus de mitochondries abondantes. Le fait d'une néoformation du chondriome est donc particulièrement évident. Cependant il est encore très démonstratif d'opérer sur des radicules avec des durées d'action de l'acide acétique à 1 ‰ allant jusqu'à 1 heure ou 1 heure 30 (Courge) ou même 2 heures (Pois), car ces temps d'action détruisent à coup sûr le chondriome dans une région très étendue du point de végétation où l'on

---

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1950, p. 27.

retrouve cependant des cellules vivantes avec chondriome au bout de 24 ou 48 heures.

Dans les diverses radicules, le chondriome néoformé présente l'aspect habituel. Avec des variations suivant les tissus, ses caractères morphologiques sont ceux qu'il possède dans les radicules-témoins non traitées. Cependant il n'est pas douteux que ce chondriome régénéré est formé d'éléments souvent



A, Courge giraumon : cellules d'une ébauche radicellaire après traitement 30 minutes dans l'acide acétique à 1 pour 1000; *B*, dans les mêmes conditions, mais après 24 heures (présence de chondriosomes); *C*, formes d'altération du chondriome; *D*, cellule avec un amas mitochondrial; *E*, radicule de Pois : formes d'altération du chondriome et mitochondries ordinaires; *F*, pseudo-réseaux de mitochondries cavulisées; *G*, chondriome de néoformation dans le méristème procambial. *G.* : env. 1200, Regaud-hématoxyline.

particulièrement ténus (*fig. G*). Plusieurs dispositions particulières peuvent en outre se rencontrer dans les cellules en survie, comme le rassemblement des éléments du chondriome en amas chromatique (*fig. D*) ou l'existence fréquente de boules sarcodiques tombées à l'intérieur des vacuoles. Enfin si les cellules n'avaient pas eu leur chondriome totalement détruit et si elles avaient conservé des mitochondries cavulisées ou vésiculisées, celles-ci peuvent donner lieu à des figures caractéristiques telles que vésicules déformées, longs filaments onduleux enroulés et contournés et surtout anneaux chromatiques entourant, complètement ou non, une substance chromophobe (*fig. C, E*). Cependant, bien que la juxtaposition de ces figures d'altération puissent donner lieu à des groupements caractéristiques, nous n'avons jamais observé de véritable soudure entre les

éléments du chondriome qui réalisent donc seulement des pseudo-réseaux par accolement (*fig. F*). Ces formes d'altération peuvent être accompagnées de mitochondries normales, évidemment néoformées (*fig. E*), ce qui souligne l'existence de deux générations de mitochondries.

Dans nos expériences il arrive que l'on dépasse le stade où la régénération du chondriome est possible. Des cellules de méristème, d'apparence assez normale, peuvent demeurer sans chondriome. Elles sont destinées sans aucun doute à se nécroser ultérieurement. De même des cellules adultes, dont le chondriome a été partiellement conservé sous des formes d'altération diverses, peuvent ne pas régénérer un chondriome nouveau. Ces cellules semblent également évoluer vers la nécrose car, dans des stades plus avancés, leur emplacement est occupé par des cellules mortes. Ce fait confirme ce que nous a appris l'étude vitale au sujet des mitochondries vésiculisées qui se montrent incapables de régénérer un chondriome normal ([2]).

GÉNÉTIQUE. — *Les chromosomes invisibles des ovocytes de Batraciens étudiés au microscope électronique*. Note de M. **Émile Guyénot** et Mme **Mathilde Danon**.

Les jeunes ovocytes de Batraciens présentent des chromosomes très nets pendant toute la préméiose jusqu'au stade de diploténie. Lorsque commence la phase de croissance, les chromosones deviennent de moins en moins distincts (chromosomes plumeux) puis disparaissent. Ils restent invisibles pendant la période de quiescence qui peut durer trois ans. Ce n'est qu'aux approches de la ponte ovarienne que ces chromosomes réapparaissent et se disposent sur le fuseau de la première cinèse de maturation.

De multiples raisons d'ordre génétique donnent à penser qu'il ne s'agit nullement d'une disparition réelle, mais que les chromosomes restent présents sous une forme invisible. Avec la collaboration de M. E. Kellenberger pour la partie physique de ce travail, nous avons cherché à vérifier cette hypothèse à l'aide du microscope électronique. Utilisant un grossissement de 9000 diamètres, nous avons pu observer très régulièrement et photographier, dans les préparations faites avec les noyaux éclatés d'ovocytes provenant d'animaux *adultes* (*T. cristatus* et *R. temporaria*), des filaments légèrement flexueux, longs de plusieurs dizaines de microns, épais de quelque 50 Å, qui, en raison de leurs dimensions, sont complètement invisibles au microscope ordinaire. Ces filaments qui se distinguent par leur régularité d'autres formations analogues (fibres de protéines, filaments provenant de la membrane nucléaire) représentent vraisemblablement les chromosomes, complètement déroulés et réduits

---

([2]) *Le Botaniste*, 31e série, 1942, p. 222.

à leur chromonème, de la phase de quiescence. Deux sortes de résultats confirment cette interprétation.

1° Dans les ovocytes d'animaux *jeunes* (avant ou peu après la métamorphose), les noyaux ne montrent pas non plus de chomosomes. Il suffit cependant de les sortir de la cellule et de les conserver dans le liquide de Ringer isotonique, pour que l'on voie apparaître à leur intérieur de longs filaments ayant d'abord l'aspect d'une file de grains déposés sur un axe invisible par lui-même. A mesure que les minutes s'écoulent, ce revêtement augmente, prend finalement l'aspect de chomomères. Il est aisé de colorer, par l'acéto-carmin par exemple, cette chromatine.

Si l'on suit au microscope électronique cette *apparition* des chromosomes, on constate qu'il s'agit bien du dépôt graduel d'une substance opaque (chromatine) sur des filaments (chromonèmes) semblables à ceux qui représentent les chromosomes invisibles dans les noyaux d'animaux adultes. Le chromonème s'entoure d'abord d'une gaine assez régulière, bien que par endroits et surtout aux extrémités on puisse encore voir le filament nu. Puis le dépôt continue irrégulièrement sous forme d'amas (chromomères) entre lesquels le filament reste visible, nu ou muni de sa première enveloppe. On distingue admirablement les deux chromatides disposées parallèlement ou s'écartant plus ou moins l'une de l'autre. Les préparations montrant ces images ont été obtenues à partir de noyaux éclatés par action mécanique, traités par l'acide acétique à 45 % et soumis à la centrifugation : un dispositif spécial permet de n'utiliser que quelques millimètres cubes et de recevoir directement le culot de centrifugation sur la pellicule de collodion servant de porte-objet.

2° Dans les noyaux provenant d'animaux *adultes*, nous n'avons jamais réussi à voir au microscope ordinaire quoi que ce soit qui ressemblât à des chromosomes, même après que ces noyaux, sortis de la cellule, eurent séjourné dans le liquide de Ringer pendant plus de 24 heures. Nous avons en vain fait varier le pH et la constitution de la solution (plus d'ions Na ou d'ions Ca). Le nombre des nucléoles est devenu considérable, mais le nucléoplasme paraît absolument homogène. Pourquoi les chromonèmes nus dont le microscope électronique révèle l'existence ne se revêtent-ils pas, comme dans les ovocytes d'animaux jeunes, d'un manteau chromatique qui les rendrait visibles et colorables ?

On pourrait supposer que le suc nucléaire ne contient plus à cet âge de nucléoprotéides à l'état de sol, susceptibles de se fixer, par combinaison ou par adsorption, sur le chromonème invisible. Le phénomène pourrait être lié à l'augmentation croissante du nombre des faux nucléoles. Nous avons été ainsi conduits à l'idée de fournir artificiellement à ces noyaux les nucléoprotéides qui leur feraient défaut. Nous ne sommes pas sûrs que cette conception un peu simpliste soit tout à fait exacte, mais le résultat auquel elle nous a amenés n'en est pas moins fort intéressant.

L'expérience témoin (isolement de noyaux dans du Ringer isotonique à différents pH) a continué à ne donner aucun résultat, même après plus de 24 heures. Par contre, des noyaux, plongés dans la même solution additionnée de nucléoprotéides préparés à partir du thymus de veau, ont commencé à montrer, à partir de trois heures de séjour, des filaments encore difficiles à voir mais qui sont devenus très nets au bout de 12 à 24 heures. Ces filaments apparaissent grâce à un dépôt croissant de granules sur un axe invisible par lui-même. Ces chromosomes artificiellement révélés sont identiques comme longueur, disposition des deux chromatides, à ceux qui apparaissent spontanément dans les noyaux provenant de jeunes animaux. Nous étudions au microscope électronique les phases de ce revêtement artificiel des chromonèmes. Il paraît moins régulier, plus sensible à l'action des réactifs que la véritable chromatine de l'espèce. Il s'agit probablement d'un simple phénomène d'adsorption.

La conclusion de ces recherches est que le *chromosome génétique*, permanent, est un chromonème invisible au microscope ordinaire et dont la constitution chimique nous est inconnue. Le chromosome du cytologiste est ce chromonème revêtu de son manteau normal de chromatine ou d'une gangue artificielle. La chromatine, formée de nucléoprotéides, si elle rend le chromosome visible et colorable et intervient dans la dynamique de la cinèse par sa charge électrique, n'aurait rien à voir avec le chromosome génétique, seul important au point de vue de l'hérédité. Bien des hypothèses émises sur la dimension des gènes, leur nature et celle de leurs mutations devront, semble-t-il, être révisées.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau un fascicule intitulé : *Antoine-Laurent Lavoisier, F. R. S.*, 1743-1794, par Douglas Mc Kie, tirage à part des *Notes and Records of the Royal Society of London* et offert par celle-ci aux Membres de l'Académie des Sciences.

M. **Arnaud Denjoy** offre à l'Académie les I[re], II[e] et III[e] Parties de ses *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique enseignées à l'Université Harvard*, dont la IV[e] Partie a été présentée par lui en 1949.

M. **Louis Roy** adresse le tome IV : *Problèmes et exercices, suivi d'un Appendice sur les fusées*, de son *Cours de Mécanique rationnelle*.

M. **Albert Demolon** fait hommage, au nom de Sir **Edward John Russell**, Associé étranger, d'une Notice intitulée : *The Presidential Address. World Population and World food supplies*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Edward Neville Da Costa Andrade** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale.

DÉSIGNATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Ethnologie des hommes actuels et des hommes fossiles du Muséum National d'Histoire Naturelle, pour la première ligne, M. *Henri Vallois* obtient 57 voix contre 1 à M. *Léon Pales*; il y a un bulletin blanc et un bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Léon Pales* obtient 47 voix; il y a 3 bulletins blancs et 4 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Henri Vallois**.

En seconde ligne .... M. **Léon Pales**.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1950, ouvert en la séance du 30 janvier, est clos en celle du 6 février.

52 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Carrière, Leonard Eugene Dickson.* — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Henri de Parville.* — MM. Ém. Borel, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin, M. Roy.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Pierre Guzman.* — MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

IV. Géographie : *Prix Binoux.* — MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

V. Navigation : *Prix Plumey.* — MM. Ém. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy.

VI. Physique : *Prix L. La Caze, Hughes, Pierre Lafitte, Eugène et Léon Bloch.* — MM. A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet.

VII. Chimie : *Prix Montyon des Arts insalubres, Philippe A. Guye, Jean-Baptiste Dumas.* — MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix James Hall, Carrière.* — MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

IX. Physique du globe : *Prix Léon Grelaud.* — MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, Em. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

X. Botanique : *Prix Jean Thore, Foulon.* — MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, J. Magrou, R. Heim, R. Combes.

XI. Économie rurale : *Prix Paul Marguerite de La Charlonie, Foulon.* — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ém. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon. N...

XII. Anatomie et Zoologie : *Prix Foulon.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, Ém. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier, P. Grassé.

XIII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Bréant, Alfred Dutens, Charles Bouchard, Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. Em. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

XIV. Cancer et Tuberculose : *Prix Bariot-Faynot, fondation Roy-Vaucouloux,* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne.

XV. Physiologie : *Prix Montyon.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

XVI. Applications de la Science a l'Industrie : *Prix Charles Frémont.* — MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, E.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

XVII. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

XVIII. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier et trois membres élus : MM. Ém. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

XIX. *Médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier.

XX. *Prix Charles-Louis de Saulses de Freycinet*, *Mme Victor Noury*, *fonds des Laboratoires*, *fondations Charles de Mosenthal*, *Barbier-Muret*, *Cassé-Fleury*, *Gibou*, *Alexandre Darracq*, *Leroy-Drouault*, *Octave Mirbeau*. — MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier; Ém. Borel, G. Bertrand.

XXI. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, É. Cartan, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, E.-G. Barrillon, A. Pérard.

XXII. *Prix Bordin* (Sciences physiques). — MM. H. Vincent M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim.

XXIII. *Prix Saintour* (Sciences physiques). — MM. H. Vincent, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges, R. Courrier.

XXIV. *Prix Lonchampt*. — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

XXV. *Prix Henry Wilde*. — MM. Ém. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes.

XXVI. *Prix Marquet* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, A. Cotton, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy,

XXVII. *Prix Millet-Ronssin*. — MM. R. Courrier; Ch. Jacob, Ch. Mauguin; A. Chevalier, R. Souèges; Ch. Pérès, É. Roubaud.

XXVIII. *Prix Général Muteau* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXIX. *Prix Laura Mounier de Saridakis*. — MM. G. Julia; L. de Broglie, R. Courrier; J. Cabannes, G. Ribaud; G. Bertrand, P. Lebeau; H. Vincent, P. Portier.

XXX. *Prix Ernest Dechelle*. — MM. G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Jacob, M. Javillier, A. Portevin, G. Ramon, R. Courrier, R. Heim.

CORRESPONDANCE.

M. Constantin Levaditi prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Académie Royale des Sciences* (1666-1793), par Pierre Gauja, Extrait de la *Revue d'Histoire des Sciences*.

2° Faune de France. 51. *Coléoptères carabiques* (supplément), par RENÉ JEANNEL (présenté par M. Fage).

3° *Exposition de l'Électricité. Toulouse*, 1949.

4° *Arkiv för Mineralogi och Geologi*, Band I, Häfte 1. — *Arkiv för Kemi*, Band I, Häfte 1, 2, 3, utgivet av K. Svenska Vetenskaps-Akademien.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Image nouvelle pour la fonction de Bessel.* Note de M. **PIERRE HUMBERT**, présentée par M. Henri Villat.

L'image symbolique de la fonction de Bessel $J_n(t)$ est connue depuis longtemps. Mais on n'a jamais, croyons-nous, envisagé quelle pourrait être l'image de $J_t(x)$, l'indice étant considéré comme la variable de la transformation. Voici comment on peut résoudre ce problème.

Soit, pour simplifier certains calculs, la fonction de Bessel d'argument imaginaire

$$I_n(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^{n+2m}}{m!\,\Gamma(n+m+1)}.$$

Écrivons, x étant un argument quelconque et t la variable de calcul symbolique,

$$x^{\frac{t}{2}} I_t(2\sqrt{x}) = \sum_m \frac{x^{m+t}}{m!\,\Gamma(t+m+1)}.$$

Introduisons la fonction ν-incomplète (1), définie par

$$\nu(t, n) = \int_n^{\infty} \frac{t^x}{\Gamma(x+1)}\,dx,$$

qui donne lieu à la correspondance symbolique

$$\frac{1}{\Gamma(t+m+1)} \supset p\, e^{pm}\, \nu(e^{-p}, m).$$

En appliquant la règle symbolique connue

$$x^t f(t) \supset \frac{p}{p-\log x}\,\varphi(p-\log x),$$

nous trouvons immédiatement

$$\frac{x^{t+m}}{\Gamma(t+m+1)} \supset p\, e^{mp}\, \nu(x\, e^{-p}, m),$$

d'où la correspondance

$$x^{\frac{t}{2}} I_t(2\sqrt{x}) \supset p \sum_m \frac{e^{mp}}{m!}\, \nu(x\, e^{-p}, m).$$

---

(1) P. HUMBERT et L. POLI, *Bull. Sc. Math.*, 2e série, 68, nov.-déc. 1944.

On en tirera aisément la formule

$$I_t(x) \supset p \sum_m \frac{e^{mp}}{m!} \frac{x^m}{2^m} \nu\left(\frac{x}{2} e^{-p}, m\right),$$

qui est celle que nous voulions obtenir. On peut en vérifier l'exactitude au moyen de l'équation différentielle satisfaite par I, comme fonction de x, en se souvenant que l'on a

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} \nu(\alpha, m) = \nu(\alpha, m-1).$$

L'image ci-dessus peut se généraliser à d'autres fonctions du type hypergéométrique, l'un des paramètres inférieurs étant pris pour variable.

SÉRIES DIVERGENTES. — *L'emploi de la condition de régularité dans la sommation des séries divergentes. Calcul de quelques séries très divergentes.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons indiqué dans une Note antérieure [1] que, si l'on mettait la somme $S(n)$ des $(n+1)$ premiers termes d'une série divergente alternée de loi cohérente [2], et toute série divergente d'allure cohérente peut, par la théorie des *séries définissables* (*loc. cit.*, § 3, § 4,3 et § 3,5235) être ramenée à une telle série, sous la forme d'un nombre S ajouté à la quantité $(-1)^n P(n)$, la somme S de la série pouvait être atteinte par la condition que la quantité $P(n)$ résultante augmente indéfiniment avec une certaine *régularité*. La raison profonde de cette clause de régularité semble être que la limite, pour $|n|$ infini, du produit $(-1)^n P(n)$ puisse être nulle (*loc. cit.*, § 5,23) du moment que celle de $(-1)^n$ est nulle.

Le problème est alors de contrôler la régularité de P_n. Dans notre première méthode de sommation (*loc. cit.*, § 2,17), nous avions besoin, pour effectuer la sommation, de la régularité d'une certaine fonction, dite *attachée* à la série, *après* le ralentissement qui lui avait ôté sa croissance trop rapide. Mais cette régularité était d'un type *imposé* (différences successives d'ampleur d'abord décroissante, et toutes positives).

Le progrès réalisé ici est immense, car, la régularité ne servant plus à *effectuer* le calcul de la somme, nous pouvons nous accommoder de types de régularité beaucoup *moins* restrictifs : par exemple, que, dans le tableau de calcul des *différences successives* (algorithme essentiel des contrôles de régularité), les termes ayant dans leur colonne leur signe normal soient précédés de termes de l'autre signe, pourvu que le nombre de ces termes anormaux ne diminue pas d'une colonne à la suivante. Il nous suffit, en somme, de trouver

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1910-1920.

(2) *Publ. Scient. et Tech. Minist. Air.* série grise, n° 207, Paris 1947, § 2,32.

un *élément* de régularité, lequel peut même être une distribution régulière d'irrégularités. La difficulté réside en ce qu'un très grand nombre de termes peut être nécessaire lorsque cet élément est bien caché, et l'interprétation peut être délicate si l'élément est d'un type inhabituel.

En ralentissant par la transformation $Q_n = P_{n+1}/P_n$ la croissance trop rapide des P_n, nous avons pu, dans de nombreux cas, contrôler leur régularité par le tableau des différences successives.

Après avoir appliqué la méthode [1] à la série classique $\Sigma(-1^n)n! = 0,40365$ et à la série $\Sigma(-1)^n n!^2 = 0,3319_7$, nous venons de calculer par le même moyen les deux séries à divergence extrêmement rapide $\Sigma(-1)^n n!^3 = 0,2775_4$ et $\Sigma(-1)^n n!^4 = 0,237_7$. On peut aussi ralentir les P_n par logarithmes.

Si la série alternée résulte (*loc. cit.*, § 4,3 et § 3,5235) de la transformation d'une série non alternée, par exemple d'une série *à termes positifs*, la régularité des P_n est moindre, et nous avons dû [1] ralentir par racine N^e, l'allure des différences successives δ pouvant demeurer à demi irrégulière. Dans le cas des termes P_n provenant de la série alternée déduite de la série à termes positifs $\Sigma n!$, les différences successives des racines 8me des P_n présentaient [1] un minimum compliqué d'inflexions, et l'on déterminait approximativement la somme en imposant, *au jugé*, un compromis entre les diverses inflexions.

Nous avons essayé une procédure *plus précise* reposant elle aussi sur le calcul des différences successives. La courbe des δ étant dissymétrique avec minimum, mais d'ampleur très modérée, serait à peu près représentable par une loi du troisième degré, c'est-à-dire que les différences 4e devraient théoriquement être très faibles. Mais les irrégularités étant *exaspérées* par la différenciation successive, les différences 4e seront en fait assez notables et de signe quelconque si la valeur prêtée à la somme est mal choisie. D'où l'idée de prendre pour valeur très approchée de la somme celle qui rend *minimum* la somme des *valeurs absolues* de toutes les différences 4e.

La règle est évidemment trop simple, surtout parce qu'elle ne pourrait avoir un fondement théorique que si la fonction δ était infiniment peu variable. Elle nous a donné $-0,307$ (au lieu de $-0,3028$) pour somme de la série $\Sigma n!$ (sommation difficile). En prenant au préalable les logarithmes des δ, ce qui réduit leur variation, nous nous rapprochons des conditions théoriques d'exactitude; effectivement nous avons alors obtenu le chiffre très bon de $-0,303$.

On pourrait penser utiliser une autre condition de régularité : la somme de la série $\Sigma(-1)^n u_n$ (de toute manière définie par la théorie des séries définissables) serait la valeur, pour $s = 1$, de la fonction $F(s) = \Sigma(-1)^n u_n^s$, la fonction étant connue par la somme de séries très convergentes pour $s < 0$, et prenant la valeur 0,5 pour $s = 0$. Mais $F(s)$ est susceptible d'une allure trop *tourmentée* pour qu'une clause de régularité lui soit pratiquement applicable.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Variétés plongées et i-carrés.* Note (*) de M. **René Thom**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure ([1]), dont nous conservons les notations.

Soit M une variété compacte de dimension p plongée dans une variété compacte V de dimension $n (p < n)$; les variétés V et M étant supposées deux fois différentiables, ceci veut dire que l'application f de M dans V est *biunivoque* et de rang maximum (imbedded de Whitney); en supposant alors V dotée d'une métrique riemannienne différentiable, on peut définir un voisinage normal A de M dans V; A est un espace fibré (par des boules géodésiques normales), de base M, de fibre B^{n-p}; les classes caractéristiques de cet espace sont celles de l'espace fibré des vecteurs normaux à M dans V. Soit φ^* l'isomorphisme de $H^r(M)$ sur $H^{n-p+r}(A')$ associé à cet espace fibré. Les coefficients seront les entiers, si A est orientable; sinon, ils seront réduits modulo 2.

Tout cocycle de $H^r(A')$ (A' ouvert, cohomologie à supports compacts), se laisse prolonger en un cocycle de $H^r(V)$: il suffit de le prendre nul à l'extérieur de A. L'isomorphisme φ^* se prolonge ainsi en un homomorphisme ψ^* de $H^r(M)$ *dans* $H^{r+n-p}(V)$. L'homomorphisme ψ^* possède la plupart des propriétés de l'isomorphisme φ^* dont il est issu. Si f^* désigne l'homomorphisme de $H^j(V)$ dans $H^j(M)$ induit par le plongement f de M dans V, on a, pour tout $z \in H(V)$, $y \in H(M)$,

$$\psi^*(f^* z \cup y) = z \cup \psi^* y. \tag{1'}$$

La dualité dans les variétés permet alors de donner pour ψ^* une interprétation remarquable; si m, v désignent les cycles fondamentaux de M, V, et si f est l'homomorphisme induit sur les groupes d'*homologie* $H_i(M) \to H_i(V)$ par l'immersion $M \to V$, ψ^* peut être défini par :

$$v \cap \psi^*(z) = f(m \cap z), \qquad \text{où} \quad z \in H^{p-i}(M).$$

ψ^* est l'homomorphisme introduit par Gysin ([2]) sous le nom de Umkehrungshomomorphismus.

Cas de l'espace produit. — Si l'espace A est isomorphe au produit $M \times B$, la formule (4) de la Note précédente s'applique encore à l'homomorphisme prolongé, et donne

$$Sq^i \psi^* = \psi^* Sq^i. \tag{4'}$$

(*) Séance du 30 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 427.

([2]) Gysin, *Zur Homologietheorie der Abbildungen*, Commentarii 14, 1942, p. 61-122; *voir* p. 89, n° 10.

Corollaire. — *Pour qu'un cycle z d'une variété* V *puisse être réalisé comme sous-variété* M *dont l'espace des vecteurs normaux soit un produit, il faut que le cocycle u correspondant à* $z (z = v \cap u)$ *vérifie*

$$\mathrm{Sq}^r u = 0 \quad \text{pour toute valeur de } r > 0.$$

Il suffit d'appliquer (4′) à l'élément unité de $H^0(M)$.

La formule générale. — La formule fondamentale (5) de la Note précédente s'étend à l'homomorphisme ψ^*; elle devient

$$\mathrm{Sq}^r u_{n-p} = \psi^* W_r,$$

où u_{n-p} désigne le cocycle de V correspondant au cycle porté par la variété M, et W_r les classes de Stiefel-Whitney de l'espace fibré A.

Corollaire. — *Si la variété* M *est plongée dans* V *de telle façon qu'aucun des cycles qu'elle porte ne soit homologue à* 0 *dans* V, ψ^* *est biunivoque; les classes caractéristiques* W_r *de l'espace normal sont alors déterminées par la position homologique de* M *dans* V.

Application aux espaces de vecteurs tangents. — Considérons, dans l'espace produit $V \times V$ d'une variété compacte V par elle-même, l'immersion diagonale de V; on est dans le cas précédent; d'autre part, l'espace des vecteurs normaux à la diagonale est canoniquement isomorphe à l'espace des vecteurs tangents. Donc :

Théorème. — *Les classes caractéristiques de l'espace fibré des vecteurs tangents à une variété compacte sont indépendantes de la structure différentiable attachée à la variété. Si* Δ *est le cocycle de* $V \times V$ *correspondant à la diagonale, et* ψ^* *l'homomorphisme attaché à la diagonale, on a* (3)

$$\mathrm{Sq}^i \Delta = \psi^* W_i. \tag{6}$$

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Classes caractéristiques et i-carrés d'une variété.* Note (*) de M. Wu Wen-tsün, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit M un espace topologique vérifiant les conditions suivantes :

a. Le groupe $H^n(M)$ (1) est de rang 1 dont la base est X_1^n;

b. On a $H^p(M) \approx \mathrm{Hom}[H^{n-p}(M), Z_2]$ dont l'isomorphisme est établi par le cup produit $X^p(Y^{n-p})X_1^n = X^p \cup Y^{n-p}$, $X^p \in H^p(M)$, $Y^{n-p} \in H^{n-p}(M)$.

Pa exemple, une variété compacte de dimension n est un tel espace. Dans

---

(3) *Voir*, pour applications de cette formule, la Note suivante de M. Wu Wen-tsün.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) $H^*(M)$ $[H^p(M)]$ = le groupe de cohomologie (de dimension p) de l'espace M. Le groupe des coefficients sera exclusivement le groupe Z_2 des entiers mod 2 sauf, mention du contraire. La classe unité de $H^0(M)$ est désignée par 1.

un tel espace on peut définir un système de classes $U^p \in H^p(M)$, $0 \leqq 2p \leqq n$, par les équations suivantes :

$$(1) \qquad U^p \cup Y^{n-p} = Sq^p Y^{n-p} \ (^2) \qquad [\text{pour } Y^{n-p} \text{ quelconque de } H^{n-p}(M)].$$

Nous les appellerons les *classes canoniques* ou les U-*classes* de M. Les classes W^i, $0 \leqq i \leqq n$, définies par

$$(2) \qquad W^i = \sum_p Sq^{i-p} U^p$$

seront alors appelées les *classes caractéristiques* ou les W-*classes* de M. On a, par exemple, $W^0 = U^0 = 1$, $W^1 = U^1$, $W^2 = U^2 + U^1 \cup U^1$, etc.

Le nom des classes caractéristiques est justifié par le théorème suivant :

Théorème. — *Pour une variété compacte* M *les* W-*classes ainsi définies s'identifient aux classes caractéristiques de Stiefel-Whitney de cette variété.*

2. La démonstration de ce théorème s'appuie sur un théorème de Thom (³), et le lemme suivant, démontré par H. Cartan (³) :

Lemme. — *Dans un espace-produit* $M \times M'$ *on a*

$$Sq^i(X \otimes Y) = \sum_j Sq^j X \otimes Sq^{i-j} Y, \qquad X \in H^*(M), \qquad Y \in H^*(M').$$

On en déduit que, dans un même espace M, *on a*

$$Sq^i(X \cup Y) = \sum_j Sq^j X \cup Sq^{i-j} Y, \qquad X, Y \in H^*(M).$$

Prenons maintenant une base $\{X^p_\alpha\}$ de $H^*(M)$ dans la variété M, supposée de dimension n, telle que $X^p_\alpha \cup X^{n-p}_\beta = \delta_{\alpha\beta} X^n_1$. La classe $\Delta^n \in H^n(M \times M)$ correspondant à la diagonale de l'espace-produit $M \times M$ s'exprime alors par $\Delta^n = \sum_{\alpha,p} (X^p_\alpha \otimes X^{n-p}_\alpha)$. D'après le lemme précédent, on a donc

$$Sq_i \Delta^n = \sum_{\alpha,p,j} Sq^{i-j} X^p_\alpha \otimes Sq^j X^{n-p}_\alpha.$$

D'autre part, soit $\sum_\alpha a^i_\alpha X^i_\alpha$ la classe caractéristique de Stiefel-Whitney de dimension i de la variété M qui est aussi la classe de Stiefel-Whitney de la structure normale de M par rapport à $M \times M$. On a, d'après la formule (6) de Thom (³), $Sq^i \Delta^n = \sum_\alpha \psi^* a^i_\alpha X^i_\alpha$, où ψ^* applique $H^i(M)$

(²) Nous adoptons ici la nouvelle notation de Steenrod pour les *i-carrés* : $Sq^p X^q = Sq_{q-p} X^q$. *Cf.* Steenrod, *Annals of Math.*, 48, 1947, p. 290-319.

(³) *Voir* la Note précédente de Thom sur les *variétés plongées* et *i-carrés* (même numéro des *Comptes rendus*) et la Note précédente de H. Cartan sur *une théorie axiomatique des i-carrés* (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 425).

dans $H^{n+i}(M \times M)$. On en déduit

$$Sq^i \Delta^n = \sum_{\alpha,\mu,q} a^i_\alpha X^q_\mu \otimes (X^i_\alpha \cup X^{n-q}_\mu).$$

En considérant les termes de la forme $X^i_\mu \otimes X^n_1$ dans les deux expressions de $Sq^i \Delta^n$, on trouve que

$$\sum_\mu a^i_\mu X^i_\mu = \sum_p Sq^{i-p} U^p,$$

c'est-à-dire la classe de Stiefel-Whitney de dimension i coïncide avec la classe W^i, définie par (1) et (2). C. Q. F. D.

3. Le théorème précédent montre que les classes caractéristiques de Stiefel-Whitney d'une variété compacte de dimension n sont complètement déterminées par les classes canoniques U^p, $0 \leq 2p \leq n$, et par conséquent par la structure des cup produits et les i-carrés de cette variété. On peut en déduire d'autres propriétés concernant les classes de Stiefel-Whitney, ainsi qu'il suit (1):

a. Les classes W^i *pour* $2i > n$ *sont complètement déterminées par les classes* W^i *pour* $0 \leq 2i \leq n$, *et par les opérations de carrés.*

b. $W^n = 0$ pour n impair; $W^n = Sq^k U^k = U^k \cup U^k$ pour $n = 2k$ pair; $W^2 = W^1 \cup W^1$ pour $n = 3$; $W^1 \cup W^1 \cup W^2 = 0$ pour $n = 4$ (on peut même démontrer $W^1 \cup W^2 = 0$ pour $n \leq 5$).

c. Pour M *orientable* et $n = 2k$ pair, U^k est une classe de première espèce, c'est-à-dire, U^k est déduite d'une classe aux coefficients entiers par réduction mod 2. Pour $n = 4$ la classe $W^2 = U^2 + U^1 \cup U^1 = U^2$ est alors de première espèce et par conséquent la troisième classe de Stiefel-Whitney (aux coefficients entiers) est nulle; ce n'est pas le cas en général pour $n > 4$, comme le montre la variété orientable de dimension 5 construite de la façon suivante : M^5 est le produit topologique d'un plan projectif complexe P et d'un segment $I = [0,1]$ avec l'identification $(x, y, z) \times (0) = (\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \times (1)$, où x, y, z sont des nombres complexes, coordonnées homogènes de P, et $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ leurs complexes conjugués.

d. Définissons un autre système de classe $\bar{U}^p$ (ici $0 \leq p \leq n$) par récurrence par les équations $\bar{U}^0 = U^0 = 1$ et $\sum_i \bar{U}^i \cup U^{p-i} = 0$, pour $p > 0$. Les classes $\overline{W}$ définies par $\overline{W}^i = \sum_p Sq^{i-p} \bar{U}^p$ $(0 \leq i \leq n)$ satisfont alors aux équations $\overline{W}^0 = 1$ et $\sum_i \overline{W}^i \cup W^{p-i} = 0$ pour $p > 0$. Cela veut dire que les classes $\overline{W}^i$ ne sont autres que les classes caractéristiques duales de M introduites par Whitney. On a $\overline{W}^n = \sum_p Sq^{n-p} \bar{U}^p = \sum_p U^{n-p} \cup \bar{U}^p = 0$, d'après (1).

---

(1) *Cf.* H. Whitney, *Michigan Lectures*, 1941, p. 101-141.

e. D'après H. Cartan, $U^p = 0$ pour p impair et M orientable. On en déduit que $W^{n-1} = 0$ pour M orientable et $n = 4k + 2$, ce qui est aussi une conséquence de *c*.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur une forme des équations du mouvement d'un système matériel à liaisons holonomes ou non avec ou sans frottement.* Note de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Étant donné un système matériel dépendant de $(n+k)$ paramètres q_i, i variant de 1 à $n+k$, astreints à k liaisons unilatérales avec ou sans frottement définies par

$$l_h(p_1, q_2, \ldots, q_{n+k}) = 0 \qquad (h \text{ variant de } 1 \text{ à } k), \tag{1}$$

les forces agissant sur le système et les vitesses étant connues à l'instant t nous nous proposons d'étendre une idée de E. Delassus [1], en écrivant les équations du système sous une forme qui permet de discuter la nature des éventualités : contacts qui subsistent, contacts qui cessent, chocs, roulements, glissements.

Lemme. — *On peut écrire les équations différentielles du mouvement en utilisant l'énergie d'accélération d'Appell* $2\mathcal{E}$ *et un système de variables liées aux variables* q_i *par des relations différentielles de Pfaff (non complètement intégrables)*

$$dq_i = \Sigma \alpha_{ij}\, dr_j \qquad (\text{avec déterminant } |\alpha_{ij}| \neq 0),$$

posant $r'_j = x_j$ *on a les* $2(n+k)$ *équations différentielles du premier ordre*

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x'_j} = Q_j, \qquad \frac{dq_i}{dt} = \Sigma \alpha_{ij}\, x_j \qquad [j \text{ variant } (1 \text{ à } n+k)].$$

Vitesses de contingence. — La liaison $l_h = 0$ exprime le contact ponctuel au point P entre deux solides S et S′ du système. Au point P'_h du solide S′ nous considérons un trièdre trirectangle mobile P'_{huvw}, P'_h normale commune orientée vers S, P'_{hu}, P'_{hv} étant deux directions du plan tangent. Il existe un point P_h de S coïncidant avec P'_h s'il y a contact, et si le contact cesse à l'instant $t + \Delta t$, il existe sur la normale P'_{kw} un point P_h de S. Nous appelons *vitesse de contingence* le vecteur $\overrightarrow{W}_h = \overrightarrow{V}_{P_h} - \overrightarrow{V}_{P'_h}$. Ce vecteur est le vecteur vitesse de glissement de S par rapport à S′ si le contact subsiste; s'il y a cessation de contact, la composante normale de $\overrightarrow{W}_h$ est la vitesse d'échappement de S par rapport à S′. Les composantes de $\overrightarrow{W}_h$ sont

$$u_h = \Sigma u_{hi} q'_i, \qquad v_h = \Sigma v_{hi} q'_i, \qquad w_h = \Sigma w_{hi} q'_i. \tag{2}$$

En prenant pour variables les $3k$ composantes des vecteurs $\overrightarrow{W}_h$, d'après le

[1] *Bulletin de la Société Mathématique*, 51, 1923, p. 22-33.

lemme les équations différentielles du mouvement sont formées de (1), (2) et (3)

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{du_h}{dt} = \dfrac{\partial E}{\partial X_h} + \varphi_{uh}, & \dfrac{dw_h}{dt} = \dfrac{\partial E}{\partial Z_h} + \varphi_{wh}; \\ \dfrac{dv_h}{dt} = \dfrac{\partial E}{\partial Y_h} + \varphi_{vh}, & \dfrac{dq'}{dt} = \left(\dfrac{\partial E}{\partial \lambda_q}\right)_{\lambda_q=0} + \varphi_{q'}. \end{cases}$$

Théorème. — *Les dérivées par rapport au temps des vitesses de contingence sont quelles que soient les éventualités du mouvement une somme de deux termes :*

1° *d'une fonction dépendant des forces et des vitesses* φ_{uh}, φ_{vh}, φ_{wh}.

2° *du gradient d'une forme quadratique* E *des* $3k$ *composantes des réactions de contact* X_h, Y_h, Z_h *le gradient étant calculé suivant la direction de la réaction au* h *contact, pour la vitesse* W. 2 E *est la forme quadratique adjointe de la partie quadratique de 2 & énergie d'accélération d'Appell.*

Ce théorème entraîne comme cas particuliers :

1° Le théorème de Delassus relatif aux liaisons holonomes sans frottement. Il suffit dans (3) d'annuler tous les Y_h, Z_h, et de ne considérer que les k équations dw_h/dt.

2° Le théorème de Delassus [1] relatif au cas d'un solide roulant ou glissant sur un obstacle fixe ou mobile. Il suffit dans (3) de faire $h=1$.

3° Le théorème de M. Pérès [2] relatif au choc avec frottement d'un solide sur un obstacle fixe ou mobile. Il suffit dans (3) de faire $h=1$ et de négliger forces et vitesses, c'est-à-dire de faire $\varphi_{uh}=\varphi_{vh}=\varphi_{wh}=0$.

ASTRONOMIE. — *Étude théorique des accélérations stellaires.* Note de M. Henri Mineur, présentée par M. André Danjon.

Le problème des accélérations stellaires est devenu d'actualité depuis les remarquables travaux du professeur Peter Van de Kamp. Je présente ici quelques résultats théoriques sur ce sujet.

1. Soient r, l, b respectivement, la distance, la longitude et la latitude d'une étoile, les composantes de son accélération sont :

$$r'' - rl'^2\cos^2 b - rb'^2 \quad \text{suivant le rayon vecteur,}$$
$$rl''\cos b - 2rl'b'\sin b + 2r'l'\cos b \quad \text{suivant le cercle galactique,}$$
$$rb'' + rl'^2\sin b\cos b + 2r'b' \quad \text{suivant le méridien galactique.}$$

Je propose d'appeler *accélération propre* le vecteur

$$l''\cos b - 2l'b'\sin b,\quad b'' + l'^2\sin b\cos b$$

et *accélération perspective* le vecteur

$$-r(l'^2\cos^2 b + b'^2),\quad 2r'l'\cos b,\quad 2r'b'.$$

---

(2) *Nouvelles Annales*, 5e série, 2, 1923, p. 98-108 et 216-231.

Les composantes de l'accélération propre ne sont autres que les dérivées secondes des coordonnées de l'étoile mesurées sur un cliché.

2. Soient $O\xi\eta\zeta$ des axes galactiques dont le premier est dirigé vers le centre de la galaxie et le dernier vers son pôle.

Au voisinage du Soleil le potentiel de gravitation de la galaxie est

$$-U = \frac{n^2}{2}\{(R_0+\xi)^2+\eta^2\} + \frac{1}{2}\alpha\xi^2 + \frac{1}{2}\alpha'\zeta^2 + \ldots,$$

où

$$n = -3,07.10^{-8}, \qquad \alpha = -1,95.10^{-15}, \qquad \alpha' = +5,65.10^{-15},$$

en prenant pour unités le parsec, la masse solaire et l'année.

On en déduit que la dérivée de la vitesse radiale (en km/sec^{-1}) a pour expression

$$\rho' = r[0,95.10^{-9}\cos^2 b\cos 2l - 5,56.10^{-9}\sin^2 b + 0.03.10^{-9} + 2,31.10^{-5}\mu^2],$$

où r est évalué en parsec, μ en seconde d'arc.an^{-1}. Dans les meilleures conditions cette accélération ne sera pas observable avant des milliers d'années.

L'accélération propre est

$$\gamma_{p,l} = -2,01.10^{-10}\cos^2 b\sin 2l - 2,04.10^{-6}\frac{1}{r}\rho\mu_l\cos b,$$

$$\gamma_{p,b} = -2,01.10^{-10}\sin b\cos b\cos 2l - 1,17.10^{-9}\sin b\cos b - 2,04.10^{-6}\frac{1}{r}\rho\mu_b.$$

Seuls les termes d'accélération perspective sont actuellement observables. Ceux de l'étoile de Barnard ont été déterminés par Van de Kamp. Ils permettront dans un proche avenir une détermination précise des parallaxes des étoiles proches.

3. Les accélérations précédentes sont rapportées au Soleil. Il importe d'en étudier l'accélération solaire. La partie de cette accélération due à l'action des planètes n'est pas négligeable. Celle de Jupiter, qui est prépondérante, provoque sur une étoile située à 1 parsec une révolution apparente sur une ellipse de demi-grand axe 0",005.

Il y aura lieu d'en tenir compte dans les mesures d'accélérations stellaires et même de parallaxes.

Enfin une étoile proche de masse M_0 (unité masse solaire) située à une distance R_0(*u. a.*), ne donnerait d'effets observables sur les accélérations stellaires que si

$$R_0 < 460\sqrt[3]{M_0}.$$

Une telle masse n'a pas été observée, elle aurait du reste exercé sur le mouvement des planètes extérieures des perturbations supérieures à la précision des observations actuelles.

Il n'y a donc pas lieu de tenir compte des étoiles proches dans l'accélération solaire.

ASTRONOMIE. — *Sur la variation saisonnière de la rotation de la Terre.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

L'étude de la marche des horloges à quartz et des pendules pendant cinq années (1934-1937 et 1946-1947) nous a révélé l'existence de termes saisonniers dans la vitesse de rotation journalière de la Terre autour de son axe [1].

Nous avons trouvé que la vitesse de rotation de la Terre est plus grande entre les mois de juin et de novembre et plus petite pendant le reste de l'année que la vitesse moyenne journalière. La durée du jour oscille entre $+0^s{,}001.16$ et $-0^s{,}001.36$ par rapport à sa valeur moyenne annuelle.

Étant donné que $0^s{,}001$ à l'équateur correspond à 46^{cm}, nous avons un retard journalier maximum de la Terre de 53^{cm} par rapport à sa rotation moyenne et une avance journalière maximum de 63^{cm} à l'équateur.

Quand la Terre retarde, les secondes des garde-temps d'après les observations astronomiques deviennent plus courtes : apparemment les garde-temps avancent. Pour rétablir, pour cette période, la régularité vraie des garde-temps, il faut augmenter la correction des horloges d'après les observations astronomiques.

La variation de la vitesse de rotation de la Terre peut provenir, en partie, de la variation des dimensions de celle-ci; on peut, par conséquent, constater une variation de la pesanteur à sa surface. Il est donc possible qu'il existe une différence entre les valeurs trouvées avec les horloges à quartz et celles trouvées avec les pendules. En séparant les résultats respectivement obtenus avec les horloges à quartz (ΔT_q) et avec les pendules (ΔT_p), nous avons trouvé les valeurs suivantes pour les corrections correspondantes des garde-temps :

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
ΔT_q.....	$-0^s{,}053.9$	-34.2	-2.5	$+32.8$	$+59.8$	$+72.0$
ΔT_p.....	-30.0	-20.6	-0.8	$+31.4$	$+56.7$	$+61.2$
	Juillet.	**Août.**	**Septembre.**	**Octobre.**	**Novembre.**	**Décembre.**
ΔT_q.....	$+64.7$	$+35.8$	-5.6	-43.3	-62.5	-63.1
ΔT_p.....	$+45.7$	$+11.7$	-24.8	-44.4	-46.4	-39.1

où le signe + correspond au retard.

La discussion de ces résultats nous donne les valeurs suivantes des corrections ΔT_q et ΔT_p.

$$\Delta T_q = +0^s{,}069.24 \sin(t + 20^h\,4^m\,8^s) + 0^s{,}005.63 \sin 2(t + 3^h 38^m 14^s),$$
$$\Delta T_p = +0^s{,}052.98 \sin(t + 20^h 53^m 31^s) + 0^s{,}012.06 \sin 2(t + 4^h 46^m 25^s),$$

(1) N. Stoyko, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 79 et *Bulletin de la classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série, 35, 1949, p. 669.

où t est compté à partir du janvier 0 et où une heure correspond à 365:24 jours. Ces valeurs sont du même ordre que celles que nous avons trouvées en 1937.

Cette formule nous donne les corrections qu'il faut ajouter aux observations astronomiques pour avoir les corrections correspondantes des garde-temps, par rapport au temps uniforme, pendant une année.

Ces corrections sont données de dix en dix jours et en millièmes de seconde de temps dans le tableau I.

TABLEAU I.

	Janvier.				Février.		Mars.				Avril.		
Date....	0	10	20	30	9	19	1	11	21	31	10	20	30
ΔT_q.....	−54	−48	−41	−33	−24	−14	−4	+7	+18	+29	+40	+50	+58
ΔT_p.....	−31	−28	−25	−20	−15	−8	0	+8	+18	+28	+38	+47	+54

	Mai.			Juin.			Juillet.			Août.		
Date....	10	20	30	9	19	29	9	19	29	8	18	28
ΔT_q.....	+65	+70	+73	+74	+71	+66	+60	+49	+38	+26	+12	−1
ΔT_p.....	+60	+63	+64	+61	+56	+48	+38	+26	+14	+2	−10	−21

	Septembre.			Octobre.			Novembre.			Décembre.		
Date....	7	17	27	7	17	27	6	16	26	6	16	26
ΔT_q.....	−14	−26	−37	−47	−54	−60	−64	−65	−65	−64	−61	−57
ΔT_p.....	−30	−37	−42	−45	−47	−46	−45	−43	−41	−38	−35	−32

Les valeurs ΔT_q pour les horloges à quartz donnent le retard ou l'avance de la Terre par rapport à sa position moyenne, tandis que les valeurs ΔT_p pour les pendules à balancier donnent la différence entre cette variation de la rotation de la Terre et la partie provenant de la variation de la pesanteur.

Les calculs montrent qu'un quart au maximum de la variation de la vitesse de rotation de la Terre peut provenir de la variation des dimensions de celle-ci. Donc la majeure partie de cette variation doit provenir des changements des conditions météorologiques ([2]).

La Terre, par rapport à sa position moyenne dans la rotation autour de son axe, est en retard de $0^s,074$ au mois de juin et en avance de $0^s,065$ au mois de novembre, ce qui, à l'équateur, correspond à des différences respectives de 34^m et de 30^m, l'amplitude totale étant de 64^m.

Ces résultats sont confirmés dans leur ensemble par les conclusions d'une étude des horloges à quartz faite par M. H. F. Finch, à l'observatoire de Greenwich.

([2]) N. STOYKO, *loc. cit.;* F. H. VAN DEN DINGEN, J. F. COX et J. VAN MIEGHEM, *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série, 35, 1949, p 642.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la répartition énergétique du spectre continu solaire dans l'ultraviolet.* Note de M. **Raymond Michard**, présentée par M. Bernard Lyot.

Depuis la discussion par Mulders [1] des données énergétiques sur le spectre continu solaire pris au *centre du disque*, de nouvelles observations ont été publiées sur la partie bleue et ultraviolette : ce sont les mesures radiométriques de Pettit [2], qui donnent l'intensité émise par bandes de 100 Å, et les mesures photographiques de Chalonge-Canavaggia [3] qui concernent la répartition énergétique du continuum tel qu'on peut l'apercevoir dans les étroites *fenêtres* subsistant entre les raies d'absorption. Appelons $\varepsilon_\lambda \Delta\lambda$ la largeur équivalente totale des raies contenues dans un intervalle $\Delta\lambda$ centré à la longueur d'onde λ. En corrigeant les mesures de Pettit au moyen des valeurs de ε_λ données par Mulders, on devrait retomber sur les résultats de Chalonge-Canavaggia; il n'en est rien, ce qui prouve que les ε_λ de Mulders sont sous-estimés. Wempe [4] a mesuré sur l'*Atlas Photométrique d'Utrecht* de nouvelles valeurs de ε_λ : celles-ci sont également insuffisantes dans la région λλ 4000-3000 Å; d'abord parce que le continuum s'écarte beaucoup de sa position normale (ordonnée 100) sur les enregistrements du domaine λλ 4000-3700; ensuite parce que la région λλ 3600-3300 représente le spectre de la lumière intégrée du disque, non de celle du centre.

a. Nous avons déterminé de nouvelles corrections de raies ε_λ pour le domaine λλ 4200-3100 Å. Pour cela, des enregistrements en *intensité* de spectres aimablement prêtés par Chalonge, ont été obtenus par la technique déjà employée pour l'Atlas d'Utrecht. Sur ces enregistrements, le continuum a été tracé uniquement au moyen des *fenêtres* reconnues par Chalonge, et en appliquant des corrections pour tenir compte de la résolution insuffisante des spectres. Ces corrections constituent la source majeure d'incertitude quant au tracé du continuum. Pour le domaine λλ 4000-3700 qui ne contient *aucune fenêtre*, le continuum a été tracé en utilisant les fenêtres disponibles au voisinage de λ 4000 et λ 3660, et en admettant à λ 3700 l'existence d'une discontinuité de Balmer $D = 0,12$ selon la définition et les résultats de Chalonge. Les valeurs trouvées pour ε_λ par planimétrie des enregistrements et du continuum sont données dans le tableau suivant :

---

(1) *Zts. f. Astrophys.*, **11**, 1935-1936, p. 132.

(2) *Astrophys. J.*, **91**, 1940, p. 159.

(3) *Ann. Astrophys.*, **9**, 1946, p. 143.

(4) *Astr. Nachr.*, **275**, 1947, p. 97.

Domaine.	ε_λ.	Domaine.	ε_λ.	Domaine.	ε_λ.
3100-3150...	0,44	3550-3650...	0,43	3850-3950...	0,58
3150-3250...	0,41	3650-3700...	0,32	3950-4050...	0,35
3250-3350...	0,34	3700-3750...	0,59	4050-4150...	0,27
3350-3450...	0,40	3750-3850...	0,60	4150-4250...	0,27
3450-3550...	0,41				

b. Si les résultats radiométriques de Pettit sont corrigés au moyen des valeurs ε_λ ci-dessus complétées pour les plus grandes longueurs d'onde par celles de Wempe, ils peuvent être représentés par les températures de couleur $T_1 = 7250^\circ$ ($\lambda\lambda$ 7000-3700), $T_2 = 5550^\circ$ ($\lambda\lambda$ 3700-3100) et une discontinuité de Balmer $D = 0,14$. Dans une récente mise au point de leurs résultats (⁵), Chalonge-Canavaggia trouvent $T_1 = 7150^\circ$, $T_2 = 5900^\circ$, $D = 0,123$. Mesures radiométriques corrigées des raies, et mesures spectrophotométriques sur les fenêtres, sont donc en accord satisfaisant.

c. Nous avons calculé la constante de *blanketing* en utilisant les nouvelles valeurs ε_λ et une répartition énergétique définie par les nombres $T_1 = 7150^\circ$, $T_2 = 5780^\circ$; $D = 0,127$. Le résultat est $\eta = 0,124$, nombre sensiblement plus fort que les valeurs précédemment admises.

d. Une discussion de la position du spectre continu dans l'Atlas d'Utrecht nous a montré qu'il s'écarte systématiquement de sa place normale (ordonnée 100) dans le domaine $\lambda\lambda$ 4000-3700. Ceci est dû au fait que dans cette région spectrale, le continuum est masqué par les raies H et K, l'accumulation des raies faibles, et surtout l'existence de raies de Balmer larges et diffuses.

Le détail de cette étude sera publié au *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'opacité de la photosphère solaire entre* 6700 *et* 23000 Å. Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Dans un article publié en 1946 (¹), Chalonge et Kourganoff ont décrit une méthode permettant de déterminer l'opacité de la photosphère solaire quand on connaît la répartition spectrale de l'énergie au centre du disque $I_\lambda(O)$ et l'assombrissement centre-bord.

Nous avons utilisé cette méthode en adoptant pour l'assombrissement centre-bord, les mesures que nous avons effectuées l'été dernier à l'Observatoire de Haute-Provence. Ces mesures ont été publiées récemment (²).

(⁵) Communication privée.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

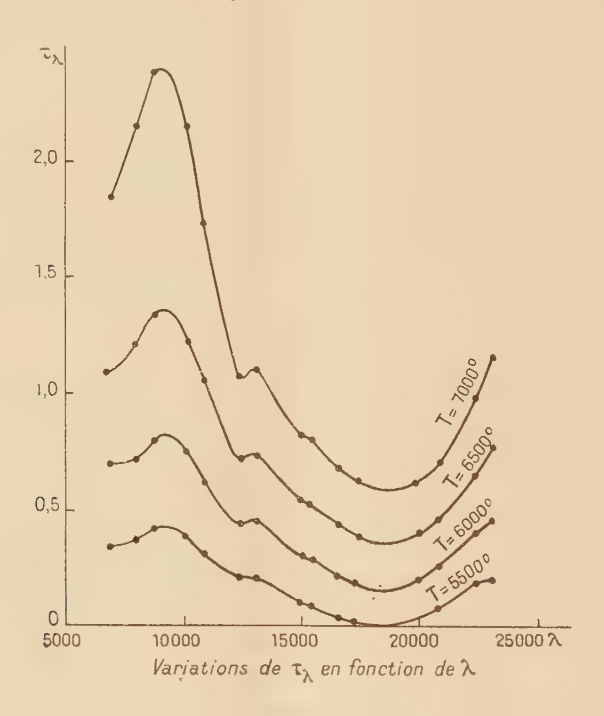
(¹) *Ann. Astroph.*, **9**, nᵒˢ 1-2, 1946, p. 69.

(²) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 368.

Pour l'énergie au centre nous avons conservé les résultats de Mulders (³) qui sont les seuls existant à l'heure actuelle. L'application de cette méthode exige l'utilisation d'une relation empirique pour représenter l'assombrissement. Nous avons adopté la formule

$$\varphi_\lambda(\theta) = A_\lambda + B_\lambda \cos\theta + C_\lambda \cos^2\theta,$$

et suivant la méthode décrite dans (¹) nous avons obtenu les courbes représentées sur la figure qui montrent les variations de τ_λ en fonction de λ pour les températures 5500, 6000, 6500, 7000°.



Variations de τ_λ en fonction de λ

L'examen de ces courbes conduit aux remarques suivantes :

1° Leur allure est la même que celles obtenues par Chalonge et Kourganoff à partir des mesures d'Abbot, mais le minimum n'est pas à la même place. Ce désaccord n'est qu'apparent, car le nombre trop faible de points utilisés par ces auteurs ne leur permettait pas de définir le minimum avec précision.

2° D'autre part si nous les comparons à celles de la page 87 de l'article de Chalonge et Kourganoff qui est due à Mulders et ne fait intervenir que $I_\lambda(0)$, nous voyons que le minimum est à la même place, et que l'on retrouve le crochet à peu près au même endroit (13000 Å).

Il en résulte que, vraisemblablement, l'assombrissement n'a pas une grande incidence sur la position de ce minimum.

(³) *Zeitschrift für Astrophysik*, **11**, 1936, p. 143.

La coïncidence avec la courbe de H^- semble donc moins bonne que Chalonge ne l'avançait ([4]). Ce désaccord peut s'expliquer de deux façons.

1° La courbe de $I_\lambda(o)$ donnée par Mulders est bonne. Dans ce cas le potentiel d'ionisation de H^- n'est pas 0,75 eV comme Chandrasekhar l'avait supposé pour ses calculs théoriques d'absorption, mais 0,67 eV, car le minimum est à $\lambda = 18\,700$ Å au lieu de 16 550 Å. En outre, une nouvelle cause d'absorption semble se manifester au-dessous de 8 000 Å. Le crochet vers 13 000 Å n'est peut-être dû qu'à l'utilisation par Mulders, de mesures d'origines différentes.

2° La courbe de Mulders est inexacte.

De toute façon de nouvelles mesures de $I_\lambda(o)$ sont urgentes. Nous allons les entreprendre le plus tôt possible.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la part de l'expérience dans la construction de l'espace physique par un observateur solitaire.* Note de Mlle **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous considérons l'espace physique, non pas comme une réalité objective exprimée *a priori*, mais comme la construction que fait un observateur pour servir de cadre de représentation à ses résultats de mesures. Ainsi que l'ont souligné Henri Poincaré et après lui, M. E. A. Milne, la construction de l'espace physique comporte une grande part de convention et il est malaisé de distinguer, dans la notion d'espace, la part due à la convention de celle due à l'expérience et à l'intuition. On sait cependant que tout élément conventionnel ne doit pas être mis en défaut par l'expérience. Par rapport à un ensemble donné de résultats expérimentaux, il est facile de dégager les éléments conventionnels. Ce sont les éléments que cet ensemble d'expériences laisse indéterminés. Il se peut qu'une expérience (l'expérience étant imprévisible dans sa totalité) retire à un élément son caractére conventionnel en le déterminant. On voit donc que toute convention est liée à un état de nos connaissances relatif à un ensemble déterminé d'expériences.

2. On peut considérer comme résultat d'expérience, le fait que l'espace physique est approximativement euclidien dans le domaine de l'expérience géométrique directe. L'observateur prolonge ce domaine au moyen de procédés d'arpentages et de procédés géodésiques, mais les mesures de ce type ne lui fournissent aucune indication sur les distances supérieures à celles de l'expérimentation directe.

Par le procédé d'un signal émis à un instant t_1, réfléchi par le système observé et reçu à un instant t_2 de son horloge, l'observateur peut convenir d'attribuer une distance et une époque de réflexion au moyen de fonctions de

---

([4]) *Physica*, 12, n°s 9-10, p. 728.

ces deux instants, ainsi que l'ont fait MM. E. A. Milne et J.-L. Destouches à sa suite. En désignant ces fonctions par f_R et f_T, on a

$$R_S = f_R(t_1, t_2); \qquad T_S = f_T(t_1, t_2).$$

La distance R_S et l'époque T_S étant conventionnelles, on peut fixer arbitrairement les fonctions f_R et f_T. Cependant, l'observateur soumet la fonction f_T à la notion intuitive d'ordination des événements dans le temps

$$t_1 < T_S < t_2 \quad \text{si} \quad t_1 \neq t_2 \quad \text{et} \quad t_1 = T_S = t_2 \quad \text{si} \quad t_1 = t_2$$

avec, dans ce cas $R_S = 0$. Il existe un domaine où l'on peut à la fois, mesurer avec un étalon de longueur des distances géométriques directes r_S et distinguer des époques d'émission et de réception de signaux. La distance conventionnelle R_S ne jouera le rôle de distance que si elle est soumise aux mêmes conditions que r_S (raccordement). Une loi expérimentale fixe que si S_1, S_2, S_{12} sont tels que $r_{12} = r_1 + r_2$, alors un signal émis à t_0 par Ob, réfléchi par S_1, puis par Ob, enfin par S_2, parvient à Ob à un instant t_2 non expérimentalement distinct de t_{12}, instant d'arrivée du signal émis à t_0 et réfléchi par S_{12}. Cette condition d'addivité (dont ni M. Milne, ni M. Causse non tenu compte) impose à f_R la forme

$$f_R(t_0, t_1) = (t_1 - t_0)b(t_0) + \frac{1}{2}(t_1 - t_0)^2 b'(t_0) + (t_1 - t_0)^3 h(t_0, t_1),$$

où $b(t_0)$ est une fonction univoque et dérivable et $h(t_0, t_1)$ est une fonction univoque ayant toutes ses valeurs finies et deux fois dérivable par rapport à t_0 et à t_1.

3. Une notion ou une propriété est dite *cinématique* si elle subsiste lors d'une regraduation de l'horloge de l'observateur. Les instants T_S et les distances R_S sont de caractère non cinématique. Soit la regraduation $\tau = \varphi(t)$; si $t_a = T_S$, on aura $\tau_a = \varphi(t_a)$ et $\tau_S = f_\tau(\tau_1, \tau_2)$. Les instants τ_a et τ_S ne sont en général pas simultanés. De même, des distances égales ne le sont plus après regraduation de l'horloge. On peut trouver une fonction $f_\rho(\tau_1, \tau_2)$ qui soit égale à $f_R(t_1, t_2)$ et qui conserve ainsi les distances dans ce changement de représentation spatio-temporelle et l'on pourrait également trouver une fonction f_τ qui conserve les simultanéités. M. Milne préfère, lors d'un changement d'échelle des temps, conserver inchangée la forme des fonctions f_T et f_R et modifier les simultanéités et les égalités de distances en construisant un autre tableau spatio-temporel de l'univers après la regraduation de l'horloge. On voit ainsi qu'il existe, correspondant aux mêmes lois physiques, à la même structure de l'univers, des représentations géométriques de l'univers très différentes les unes des autres.

4. Pour maintenir les simultanéités et les distances lors d'un changement d'unité de temps $\tau = kt$, il faut satisfaire aux équations fonctionnelles

$$f_T(kt_1, kt_2) = kf_T(t_1, t_2); \qquad f_R(t_1, t_2) = f_R(kt_1, kt_2),$$

on trouve les solutions pour k fixé

$$f_T(t_1, t_2) = (at_1 + bt_2)\,\Phi\left(\frac{2\pi}{\operatorname{Log} k}\operatorname{Log} t_1, \frac{t_1}{t_2}\right); \qquad f_R(t_1, t_2) = \Phi_1\left(\frac{2\pi}{\operatorname{Log} k}\operatorname{Log} t_1, \frac{t_1}{t_2}\right),$$

où Φ et Φ_1 sont des fonctions arbitraires en t_1/t_2 et de période 2π par rapport au premier argument. Si la relation doit avoir lieu quel que soit le changement d'unité, les fonctions Φ et Φ_1 se réduisent à des fonctions de t_1/t_2. Si l'on pose que les distances sont multipliées par $K(k)$ lors d'un changement d'unité de temps quelconque, alors on obtient une équation fonctionnelle qui a pour solutions :

$$f_R(t_1, t_2) = t_1^{\alpha}(at_1 + bt_2)\,\Phi\left(\frac{t_1}{t_2}\right) \qquad \text{et} \qquad K(k) = k^{\alpha+1}.$$

5. L'observateur complète ses mesures de distances par des mesures d'orientation au moyen d'un théodolite. Son espace physique n'est pas complètement déterminé par des mesures géométriques directes locales, des mesures d'orientation et des mesures de distance à l'observateur, car ainsi il n'a pas fixé la distance de deux points quelconques. Cependant aucune des conditions obtenues au moyen de ces trois types de mesures ne conduit à un doute sur le caractère euclidien de l'espace physique. Ce doute ne naît qu'en physique collective.

PROPAGATION DES ONDES. — *Sur la focalisation d'une onde.* Note (*) de MM. **Jean Ortusi** et **Jean-Claude Simon**, présentée par M. Camille Gutton.

Considérons un système de propagation d'onde de nature quelconque. Supposons le phénomène de révolution autour de l'axe xx', au moyen d'un système (Σ) quelconque, nous pouvons transformer une surface d'onde (S) sphérique au deuxième ordre près et de centre I en une surface d'onde (S′) sphérique au deuxième ordre près de centre I′, nous dirons que I′ est l'image de I à travers (Σ) au sens de Gauss. Dans le cas où l'un des points est à l'infini nous dirons qu'il y a focalisation.

Or la transformation de (S) en (S′) peut se ramener à un simple déphasage entre un point de (R) et le point correspondant de (S′) défini par les angles α et α'. Dans le cas de l'approximation de Gauss, le déphasage peut être une fonction quelconque α assujettie seulement à la condition d'avoir un extremum sur l'axe. En particulier les lentilles optiques peuvent être interprétées par ces seules considérations.

A partir de ces idées, nous pouvons considérer un système (Σ) dont le coefficient de transmission présente un argument fonction de l'angle α. Si cette

(*) Séance du 14 novembre 1949.

fonction présente un extremum sur l'axe, elle transformera donc une onde sphérique incidente en une onde transmise sphérique dans l'approximation de Gauss et de centre différent. En particulier, on voit que la fonction déphasage

$$\varphi(\alpha) = \varphi'_0 + \frac{1}{2}\alpha^2\varphi''_0 + \ldots$$

correspond à une distance focale donnée par $f = \lambda\varphi''_0/2\pi$.

Il peut exister plusieurs systèmes plans, dont le coefficient de transmission présente un déphasage variable suivant l'angle d'incidence. Considérons par exemple, un trou circulaire percé dans une plaque réfléchissante indéfinie. Supposons le trou de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, la surface d'onde se déforme comme l'indique la figure 2. L'onde transmise présente une

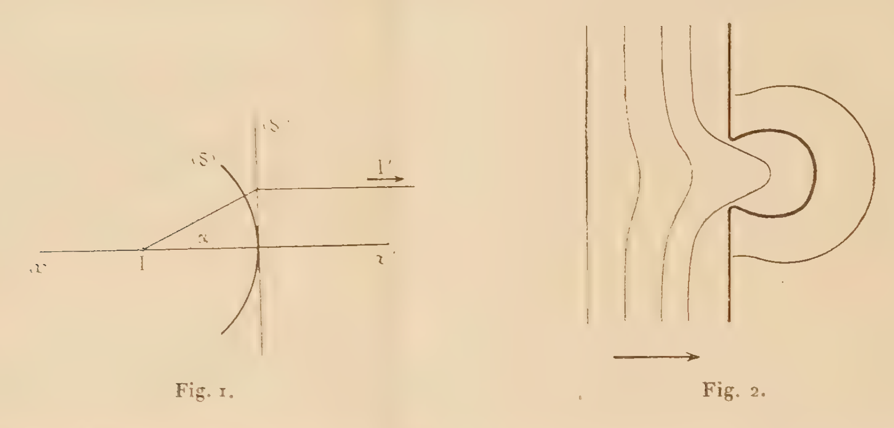


Fig. 1. Fig. 2.

avance de phase sur l'onde incidente. Cette avance de phase dépend du diamètre du trou. Si nous considérons maintenant une surface d'onde dont la direction de propagation est inclinée d'un certain angle sur l'axe, le diamètre apparent du trou diminue et par suite l'onde transmise présente une avance de phase différente de celle qui correspond à une direction normale. Pour un diamètre déterminé du trou, une inclinaison de la direction de propagation peut créer une avance de phase sur l'avance dans l'axe. Si nous considérons une plaque percée de trous identiques de diamètre d, cette plaque constitue un système qui focalise, la focalisation étant caractérisée par la constanse φ''_0 fonction du paramètre d. La plaque est dans ce cas analogue à une lentille convergente possédant une distance focale égale à $\lambda\varphi'''_0/2\pi$.

Une telle plaque possède un coefficient de réflexion essentiellement différent de zéro. Dans ces conditions, il est nécessaire pour obtenir un système (Σ') transmettant la totalité de l'énergie, de disposer d'un certain nombre de plaques parallèles convenablement placées, et dont les coefficients de réflexion moyen satisfont aux lois générales des filtres d'onde. On obtient par la présence de plusieurs plaques une nouvelle distance focale. La variation du déphasage est en effet modifiée par l'association des différentes plaques. La

position relative des plaques conditionne essentiellement le module du coefficient de transmission, donc la bande passante du système.

Des expériences ont été faites sur des ondes électromagnétiques de 8^{cm} de longueur d'onde. Un système déphaseur constitué par trois plaques de 50^{cm} sur 50^{cm} percées de trous circulaires de diamètre 31^{mm} donne une distance focale de 50^{cm}. La distance entre trous de la plaque centrale était relativement plus grande que pour les plaques extrêmes. Ceci a permis d'obtenir une bande passante de 200 Mc avec un taux d'onde stationnaire inférieur à 1,5 dans cette bande.

L'intérêt de ce procédé est d'avoir un effet de focalisation obtenu par déphasage à l'aide d'une surface. Au contraire, la focalisation des lentilles optiques est due à la différence des chemins optiques à l'intérieur d'un volume de contour déterminé.

ÉLECTRICITÉ. — *Perméabilité apparente et facteur de surtension des poudres magnétiques.* Note (*) de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La perméabilité apparente μ_a, le coefficient de surtension Q_F et le facteur de réduction de flux d'une poudre formée de grains magnétiques isolés de rayon a et placée dans un champ magnétique périodique uniforme peuvent être calculées en régime quasi stationnaire.

Pour des solutions harmoniques, les équations de Maxwell en coordonnées sphériques rapportées à un seul grain supposé sphérique se réduisent aux trois équations suivantes (en U. E. M.) :

$$(1)\qquad \frac{1}{r\sin\theta}\,\frac{\partial}{\partial\theta}(h_\varphi\sin\theta)+j\omega\mu h_r=0,$$

$$(2)\qquad -\frac{1}{r}\,\frac{\partial}{\partial r}(rh_\varphi)+j\omega\mu H_0=0,$$

$$(3)\qquad \frac{1}{r}\,\frac{\partial}{\partial r}(rH_0)-\frac{1}{r}\,\frac{\partial H_r}{\partial\theta}-4\pi\gamma h_\varphi=0,$$

où μ, γ sont la perméabilité et la conductibilité du grain. Le champ magnétique H_0 dirigé suivant l'axe Oz du grain et le champ électrique h sont indépendants du temps.

En posant $K=\sqrt{-j4\pi\mu\omega\gamma}$ et $S=rh_\varphi\sin\theta$, on déduit l'équation

$$(4)\qquad \frac{\partial^2 S}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\,\frac{\partial^2 S}{\partial\theta^2}-\frac{1}{r^2}\cot g\,\theta\,\frac{\partial S}{\partial\theta}+K^2S=0.$$

L'étude de cette équation conduit aux solutions suivantes :

(*) Séance du 23 janvier 1950.

A l'intérieur du grain

$$S_i = NH_0\left[\frac{\sin Kr}{Kr} - \cos Kr\right]\sin^2\theta.$$

A l'extérieur du grain

$$S_e = H_0\left[-\frac{j\omega r^2}{2} + \frac{B}{r}\right]\sin^2\theta.$$

Les constantes B et N sont obtenues par les conditions de continuité des champs à la surface de séparation du grain et du milieu isolant.

En introduisant les fonctions de Bessel : $J_{1/2}(Kr)$, $J_{3/2}(Kr)$, $J_{5/2}(Kr)$, on trouve les champs magnétiques intérieurs par l'intermédiaire de (1) et (2)

$$(5)\qquad H_r = H_0\frac{jNK}{3\mu\omega}(2\pi K)^{\frac{1}{2}}\cos\theta\, r^{-\frac{1}{2}}\left[J_{\frac{1}{2}}(Kr) + J_{\frac{5}{2}}(Kr)\right],$$

$$(6)\qquad H_\theta = H_0\frac{jNK}{3\mu\omega}(2\pi K)^{\frac{1}{2}}\sin\theta\left[\frac{1}{2}J_{\frac{5}{2}}(Kr) - J_{\frac{1}{2}}(Kr)\right].$$

D'où l'aimantation du grain par une intégrale triple de la composante H_z étendue à son volume

$$I = \int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{a}\frac{\mu-1}{4\pi}H_z\,dv = H_0\frac{jN}{3\mu\omega}(2\pi K)^{\frac{1}{2}}(\mu-1)\,a^{\frac{3}{2}}J_{\frac{3}{2}}(Ka) = \alpha H_0.$$

Si l'on veut étendre ce résultat à un ensemble de grains séparés par de faibles distances, il faut introduire au lieu de H_0 un champ efficace

$$F = H_0 + \frac{4\pi}{3}\mathcal{J} \qquad \text{avec} \quad J = NI,$$

N étant le nombre de grains par unité de volume et $\mathcal{J}$ étant supposé uniforme dans tout le volume.

Si l'on pose $\tau = 4\pi a^3 N/3$ $(0 \leqq \tau \leqq 1)$ on en tire, après calculs,

$$(8)\qquad \mu_a = \frac{[\mu + 2 + 2\tau(\mu-1)]J_{\frac{1}{2}}(Ka) + (\mu-1)(1+2\tau)J_{\frac{5}{2}}(Ka)}{[\mu + 2 - \tau(\mu-1)]J_{\frac{1}{2}}(Ka) + (\mu-1)(1-\tau)J_{\frac{5}{2}}(Ka)}.$$

Si Ka est petit,

$$(9)\qquad \mu_{0_a} = \frac{3 + (\mu-1)(2\tau+1)}{3 + (\mu-1)(1-\tau)}.$$

Posons $s = \sqrt{2\pi\mu\omega\gamma}\,a$. Lorsque Ka n'est plus petit, μ_a est complexe. Après de longs calculs, on trouve :

$$\mu_r = \frac{(\mu-1)^2(1-\tau)(1+2\tau)[1+2s^2R-2sP] + 4s^4 + 2s^3(\mu-1)(2+\tau)Q}{(\mu-1)^2(1-\tau)^2[1+2s^2R-2sP] + 4s^4 + 4s^3(\mu-1)(1-\tau)Q},$$

$$\mu_i = 3\tau(\mu-1)s^2\frac{1-sP}{(\mu-1)^2(1-\tau)^2[1+2s^2R-2sP] + 4s^4 + 4s^3(\mu-1)(1-\tau)Q},$$

avec

$$P = \frac{\operatorname{sh}2s + \sin 2s}{\operatorname{ch}2s - \cos 2s}, \qquad Q = \frac{\operatorname{sh}2s - \sin 2s}{\operatorname{ch}2s - \cos 2s}, \qquad R = \frac{\operatorname{ch}2s + \cos 2s}{\operatorname{ch}2s - \cos 2s}.$$

Parmi d'autres observations, on note en accord avec l'expérience que μ_a *tend vers* 1 quand la fréquence croît. C'est là un gros avantage de la poudre sur le noyau magnétique plein dont la perméabilité apparente tend vers zéro quand la fréquence augmente.

On constate aussi que le facteur de réduction de flux : $\eta = \mu_r/\mu_{0_a}$ *reste encore voisin de l'unité* pour des fréquences bien plus élevées que pour le noyau plein.

Enfin, le facteur de surtension $Q_F = -(\mu_r/\mu_i)$ qui est grand pour de faibles valeurs de s décroît et passe par un minimum quand s croît. Ce minimum correspond en général à des fréquences très au-dessus du domaine d'utilisation.

Toutes les formules qui viennent d'être brièvement données sont en très bon accord avec les résultats expérimentaux.

ÉLECTRICITÉ. — *Le comportement de la conductibilité électrique de quelques semi-conducteurs ioniques lors du passage par un point de transformation ou de transition.* Note (*) de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La recherche et l'étude des transformations de divers ordres du corps pur mettent principalement en œuvre des méthodes *thermiques :* dilatométrie, mesure des chaleurs spécifiques aux différentes températures, analyse thermique différentielle, mesure des chaleurs de transformation. On s'est demandé si l'étude de certaines grandeurs électriques ne pourraient pas donner à ce sujet des renseignements utiles. Cette Note résume le résultat de mesures relatives de conductibilité électrique réalisées sur quelques sels, dans un domaine de températures comprenant un point de transformation (1er ordre) ou de transition (2e ordre). Dans tous les cas, ces sels sont finement pulvérisés, comprimés entre deux électrodes de platine et soigneusement déshydratés avant toute mesure.

1° *Iodure mercurique.* — La variété rouge, stable à la température ordinaire, se transforme à 137°C en une variété jaune avec absorption de chaleur et augmentation de volume. La conductibilité électrique C d'un échantillon de ce sel, mesurée à partir de 90°C, croît rapidement avec la température suivant une loi bien représentée par la formule : $C = Ae^{-(B)/\Theta}$. Aux environs immédiats de 135°C, on observe une chute verticale de la conductibilité, qui devient au moins dix fois plus petite, puis la croissance reprend avec la température. Par refroidissement, les phénomènes se reproduisent en sens inverse, mais on observe le retard à la transformation bien connu et qui peut être considérable.

2. *Nitrate de potassium.* — D'après Kracek ([1]), ce sel subit à 128° C une transformation cristalline, de la forme (II), stable à la température ordinaire

(*) Séance du 30 janvier 1950.

([1]) *J. Chem. Phys.*, 34, 1930, p. 225.

sous la pression normale, en une forme (I). Par refroidissement du sel parfaitement desséché, la forme (I) se transforme en une forme intermédiaire (III) vers 124° C, et ce n'est que vers 105° C que le sel retourne à la forme (II).

La mesure de la conductibilité électrique C a permis de retrouver ces transformations. Jusque vers 129° C, le sel est très peu conducteur; mais, à cette température, la conductivité se met à croître presque verticalement. Il y a donc une discontinuité de C; pour des températures légèrement plus élevées, la croissance de C est régulière et de plus en plus rapide. Par températures décroissantes, on n'observe rien vers 128° C, sinon une décroissance régulière de C, mais, vers 123° C, il y a une chute verticale de C qui redevient extrêmement faible. Cette chute n'est environ que la moitié de la discontinuité de 129° C.

Si l'on se rappelle que Le Chatelier ([2]) a signalé que l'*iodure d'argent* subit, par élévation de température, une transformation polymorphique à 144° C, avec chaleur latente, diminution de volume et simultanément augmentation brusque et considérable de la conductibilité électrique, on voit que, pour les 3 semi-conducteurs ioniques précédents, la conductibilité électrique C subit une discontinuité, sinon à la température de transformation polymorphique (1er ordre), du moins à une température très voisine, $dC/d\Theta$ devenant par conséquent infiniment grand à cette température.

3. *Nitrite de sodium.* — Ce sel montre, aux environs de 160° C, des anomalies de chaleur spécifique ([3]), de dilatation ([4]) et une disparition très rapide de la piézoélectricité ([4]); il semble donc qu'on soit en présence d'une transition du 2e ordre.

La conductibilité électrique de ce sel croît rapidement en même temps que la température et, à partir de 100° C, ces variations sont bien représentées par une expression de la forme $\log C = A - B/\Theta$, (Θ, température absolue); la courbe $\log C = f(1/\Theta)$ est donc une droite à pente négative. Mais aux environs de 160-162° C, cette droite montre un coude brusque sans qu'il y ait discontinuité de C, la constante B diminuant de 45 % environ.

4. *Nitrate de sodium.* — La transition du 2e ordre que ce sel montre à 275° C a été bien étudiée par Kracek ([5]) qui a mis en évidence des anomalies de dilatation et de chaleur spécifique.

Cette transition se retrouve par les mesures de conductibilité électrique. Depuis la température de 215° C jusqu'à 275° C une formule du type $C = Ae^{-\frac{B}{\Theta}}$ représente bien les variations de la conductibilité. A cette dernière tempéra-

([2]) *Comptes rendus*, **102**, 1886, p. 917.

([3]) J. Jaffray, *J. Rech. C. N. R. S.*, n° 3, 1947, p. 153.

([4]) Strijk et Mc Gillavry, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **62**, 1943, p. 705.

([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2609.

ture, sans qu'il y ait de variation brusque de C, la constante B diminue de 14 % environ. Au delà, la courbe $\log C = f(1/\Theta)$ n'est qu'approximativement linéaire, sans doute à cause de la proximité du point de fusion (308° C).

Pour les deux semi-conducteurs ioniques précédents, une transition du 2e ordre se traduit donc par la continuité de C et par une discontinuité de $dC/d\theta$, qui reste fini, à une température sinon égale, du moins très voisine de la température de transition.

On connaît un certain nombre de sels pour lesquels les variations de la conductibilité électrique en fonction de la température sont bien représentées, avec les coordonnées $1/\Theta$ et $\log C$, par deux portions de droite de pentes (négatives) différentes, se raccordant à une certaine température; c'est le cas du chlorure de sodium, du bromure de sodium, du chlorure de potassium, de l'iodure de plomb, etc. Ce changement de pente ne s'accompagne d'aucun phénomène thermique connu; il n'y a, à la température du changement de pente, ni transformation du 1er ordre, ni transition du 2e ordre. C'est un phénomène purement électrique qu'on a expliqué en admettant qu'aux basses températures, les porteurs de courant sont les cathions tandis qu'à partir de la température du changement de pente, les anions interviennent à leur tour dans la conduction.

Or, il semble y avoir une différence très nette entre le phénomène présenté par le chlorure de sodium et celui que montrent le nitrite et le nitrate de sodium. Dans le premier cas, l'intervention d'un nouveau porteur de courant se traduit toujours par une *augmentation* de B, tandis que le passage par un point de transition fait subir à B une *diminution*.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Application de la méthode des approximations successives de Picard à l'étude des discontinuités dans les guides d'ondes.* Note de M. **Théo Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait depuis les travaux de Schelkunoff qu'on peut ramener l'étude des phénomènes de propagation dans les guides d'ondes à la solution du système d'équations (ondes TM, axe Oz pour fixer les idées) :

$$\frac{\partial \Psi}{\partial z} = -i\omega\mu U, \qquad \frac{\partial U}{\partial z} = -\left(g + i\omega\varepsilon + \frac{\chi^2}{i\omega\mu}\right)\Psi, \tag{1}$$

les champs électrique et magnétique associés étant définis par

$$\left\{\begin{aligned} &E = -\operatorname{rot} F, \qquad F_x = F_y = 0, \qquad F_z = \Psi;\\ &H_z = \frac{\chi^2}{i\omega\mu}\Psi, \qquad H_{\text{transverse}} = -\operatorname{grad} U. \end{aligned}\right. \tag{1 bis}$$

Pour les guides circulaires, le paramètre χ est défini par

$$(2)\qquad \begin{cases} \chi = \dfrac{k\sqrt{\pi}}{S}, \qquad \text{avec} \quad k^2 = \dfrac{\displaystyle\iint \left[\left(\frac{\partial T}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)^2\right] du\, dv}{\displaystyle\iint T^2\, du\, dv}; \\ u = \dfrac{x\sqrt{\pi}}{\sqrt{S}}, \qquad v = \dfrac{y\sqrt{\pi}}{\sqrt{S}}, \end{cases}$$

l'intégrale double étant étendue à la surface de la section droite S du guide. La constante modulaire k ne dépend que de la forme de la section droite et du mode de transmission particulier choisi. La fonction T est à son tour définie par

$$\Psi = T(x, y) f(z) \qquad \text{et} \qquad -\chi^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}.$$

En coordonnées cylindriques $T = J_n(\chi r)\exp(in\varphi)$, J_n étant la fonction de Bessel de première espèce d'ordre n.

Ceci posé, soit un guide de section circulaire constante jusqu'au niveau $z = z_0$, et présentant autour de z_0 une légère inhomogénéité sous la forme d'une déformation, le rayon r_0 du guide passant de la valeur r_0 à la valeur $r_0 + r(z)$ suivant une loi, pour fixer les idées, du type

$$r = r_0 + r\exp[-h(z - z_0)^2].$$

En vertu de l'équation (2), S_0 étant la section droite non perturbée, et $\lambda(z)$ la perturbation

$$\chi^2 = \frac{k^2\pi}{S} = \frac{\pi k^2}{S_0}[1 - \lambda(z)].$$

Appliquons maintenant pour résoudre le problème ainsi défini, la méthode des approximations successives due à Picard et utilisée entre autres par Schelkunoff. En intégrant (1) selon Picard, j'obtiens les équations intégrales suivantes :

$$\Psi(z) = \Psi(z_0) - \int_{z_0}^{z} i\omega\mu U(w)\, dw,$$

$$U(z) = U(z_0) - \int_{z_0}^{z} \left\{ g + i\omega\varepsilon + \frac{\pi k'^2}{S_0}[1 - \lambda(w)] \right\} \Psi(w)\, dw$$

$$= U(z_0) - \left(g + i\omega\varepsilon \frac{\pi k'^2}{S_0}\right)\left[\int_{z_0}^{z} \Psi(w)\, dw - \int_{z_0}^{z} \lambda(w)\Psi(w)\, dw\right]$$

C'est le point de départ de mes approximations successives et j'obtiens la solution cherchée sous forme d'une série infinie rapidement convergente

$$\Psi(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \Psi_n(z), \qquad U(z) = \sum_{n=0}^{\infty} U_n(z),$$

avec

$$
(3\,bis)\quad
\left\{
\begin{aligned}
&\Psi_1(z) = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu\,U_0(w)\,dw, \qquad U_1 = -\int_{z_0}^{z}\left\{g + i\omega\varepsilon + \pi\frac{k'^2}{S_0}[1-\lambda(\omega)]\right\}\Psi(w)\,dw,\\
&\Psi_0 \text{ et } U_0 \text{ étant les solutions du problème non perturbé } (\lambda = 0),\\
&\Psi_2(z) = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu\,U_1(w)\,dw = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu\\
&\qquad\left[\int_{z_0}^{z}\left\{g + i\omega\varepsilon + \frac{\pi k'^2}{S_0}[1-\lambda(\omega)]\right\}\psi_0(w)\,dw\right]d'w,\\
&U_2(z) = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu\left\{g + i\omega\varepsilon + \pi\frac{k'^2}{S_0}[1-\lambda(s)]\int_{z_0}^{z} U_0(w)\,dw\right\}dw',
\end{aligned}
\right.
$$

et ainsi de suite. Les équations (1 *bis*) permettent de remonter de Ψ et U à E et H.

La même méthode s'applique bien entendu à l'étude des discontinuités en g, μ et ε; il suffira de poser $g = g_0 + g(z)$, $\mu = \mu_0 + \mu(z)$, $\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon(z)$. Plus généralement, la présente méthode se prête à l'analyse des échos provoqués par l'existence d'inhomogénéité dans le guide. Il est évident que la convergence des séries (3), (3 *bis*) est d'autant plus rapide que la perturbation λ est plus faible.

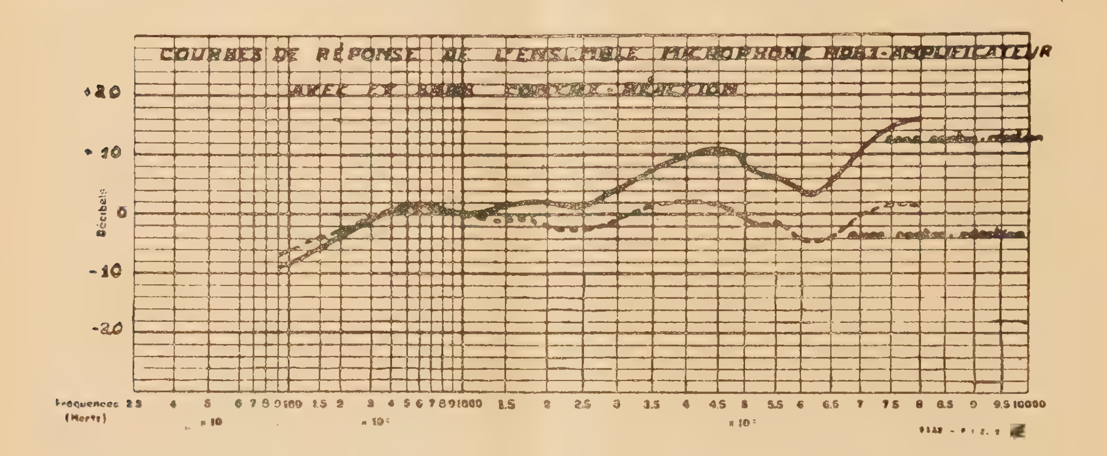
ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur l'application de la réaction négative aux systèmes électro-acoustiques*. Note (*) de MM. **Pierre Chavasse** et **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

On connaît l'application de la réaction négative à des dispositifs électriques tels que des amplificateurs, ou à des appareils mécaniques tels que des moteurs asservis, des machines tournantes dont il s'agit de régler la vitesse, etc. Un raisonnement simple, applicable en particulier aux amplificateurs, permet de mettre en évidence les propriétés essentielles du procédé : soit un amplificateur dont le gain est μ; ramenons à l'entrée une fraction β de la tension de sortie. L'étude du dispositif peut se faire, soit d'après le critère de Nyquist, soit par l'application des conditions de Routh. La première méthode repose sur la considération des propriétés des circuits en régime sinusoïdal, la seconde fait intervenir les équations différentielles auxquelles satisfait l'ensemble. Nous ne discuterons pas les avantages des deux méthodes, ni les raisons pour lesquelles nous préférons l'application de la théorie de Nyquist. Si le système est stable, c'est-à-dire n'entre pas en auto-oscillation, on trouve que le gain devient

$$g = \frac{\mu}{1-\mu\beta};$$

(*) Séance du 30 janvier 1950.

si $\mu\beta$ est grand en module par rapport à l'unité et si β est constant, on stabilise le gain en fonction de divers paramètres; le bruit de fond de l'amplificateur est réduit, les impédances modifiées, etc.



Nous avons appliqué ce principe à des microphones électro-dynamiques réversibles. Le calcul et l'expérience montrent que les forces mises en jeu sont suffisantes pour procurer un taux de réaction négative de plus de 30 db, malgré le déphasage de la bobine mobile et du transformateur. La courbe de réponse est améliorée, l'effet microphonique des tubes est réduit, etc. On peut songer à l'application de ce dispositif aux microphones électrostatiques, comme le montrent des calculs dont nous avons vérifié la validité, ainsi qu'aux systèmes d'enregistrement sonore. On a proposé de l'adopter pour les microphones à ruban. Bien entendu, il convient, dans les montages, de respecter la symétrie du système par rapport à la masse, afin d'éviter des perturbations nuisibles. Le dispositif paraît particulièrement intéressant dans la technique des mesures acoustiques ou des dispositifs acoustiques de haute qualité.

Les auteurs de la présente Note ne revendiquent pas l'invention d'un procédé dont le principe est fort ancien; ils exposent les résultats d'une étude rationnelle, quantitative et synthétique, qui conduit au parfait accord de la mesure avec le calcul. Les deux courbes ci-dessus, relatives à un microphone électro-dynamique avec amplificateur, relevées avec et sans contre-réaction, montrent nettement l'effet de cette dernière.

Dans cette application, le taux de réaction négative était de 32 db, la limite d'accrochage étant de 38 db.

Nous proposons donc de généraliser un procédé qui n'est pas encore appliqué systématiquement en électro-acoustique.

PHOTOMÉTRIE. — *Sur la photométrie hétérochrome des lampes à incandescence.* Note de M. **Jean Terrien**, présentée par M. Albert Pérard.

La mise en vigueur des nouvelles unités photométriques, définies par référence aux facteurs de visibilité adoptés internationalement, et les progrès récents de la spectrophotométrie à la suite de la réalisation de monochromateurs étudiés pour cet usage ([1]), permettent de reprendre dans des conditions très favorables des méthodes de photométrie hétérochrome proposées dès 1933, mais d'application plus délicate à cette époque.

G. Ribaud ([2]) avait comparé l'intensité lumineuse de deux lampes à incandescence par une seule mesure spectrophotométrique à la longueur d'onde de Crova; L. S. Ornstein, J. G. Eymers et D. Vermeulen ([3]) avaient effectué cette comparaison par spectrophotométrie dans tout le spectre visible, en se référant à une troisième lampe dont ils avaient déterminé la répartition spectrale énergétique. Dans les deux cas, les calculs faisaient intervenir les facteurs de visibilité qui depuis ont reçu la sanction internationale officielle.

Le calcul de la longueur d'onde de Crova suppose que l'on connaisse la température de couleur des deux lampes, et entraîne certaines approximations que l'on évite par une comparaison spectrophotométrique dans tout le spectre visible.

Pour des lampes à incandescence, la détermination précise de la répartition énergétique est inutile, ainsi que nous allons le voir.

Précisons donc le mode opératoire que nous proposons pour la comparaison d'une lampe à incandescence à un étalon de flux lumineux dont on connaît toujours une température de couleur approchée. Les deux lampes sont allumées successivement dans une sphère d'Ulbricht, et l'on mesure, au moyen d'un récepteur photoélectrique placé à la suite d'un monochromateur, à plusieurs longueurs d'ondes, le rapport des luminances monochromatiques de la fenêtre de la sphère dans les deux cas. Si les expériences sont bien étudiées, ces rapports sont mesurables avec une précision de 1 ‰, et avec une rapidité suffisante pour qu'on évite l'usure des lampes. En faisant intervenir les facteurs de visibilité, on calcule sans difficulté le flux lumineux de la lampe inconnue : il suffit d'assimiler le rayonnement de la lampe étalon à celui d'un corps noir de même température de couleur. Il faudrait une erreur considérable, 27 degrés, sur cette température, pour qu'elle entraînât une erreur de 1 ‰ sur le flux calculé, si les températures de couleur des deux lampes sont 2353° et 2788° K.

Si l'on s'astreint à comparer les flux émis par *une même lampe* à deux

---

([1]) J. Terrien, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 140; J. Terrien et F. Desvignes, *Revue d'Optique*, **27**, 1948, p. 451.

([2]) *Revue d'Optique*, **12**, 1933, p. 193.

([3]) *Revue d'Optique*, **12**, 1933, p. 390.

températures différentes, on ne rencontre pas les difficultés dues aux différences de répartition spatiale, ce qui permet d'utiliser une sphère petite, d'accroître la luminance de la fenêtre, donc la sécurité des mesures spectrophotométriques.

C'est ainsi que vont être comparées au Bureau International des Poids et Mesures les unités de flux lumineux à 2353° et 2788° K, et, par des méthodes analogues, les unités d'intensité lumineuse à 2042° et 2353° K, unités qui sont représentées par des lampes étalonnées provenant des grands laboratoires nationaux. Des mesures préliminaires ont déjà donné des résultats.

Les deux principaux avantages de cette méthode, sous la forme ainsi décrite, qui, rappelons-le, n'exige aucune mesure d'énergie, sont les suivants :

1° On tient compte rigoureusement des facteurs de visibilité internationaux, sans avoir à sélectionner des observateurs visuels, ni à déterminer la sensibilité spectrale d'un récepteur physique;

2° dans l'utilisation de la sphère d'Ulbricht, la coloration des parois internes n'a aucune influence.

Accessoirement, les rapports mesurés permettent de calculer la différence de température de couleur des deux rayonnements comparés.

L'extension de cette méthode à des lampes de couleur quelconque est évidemment possible, mais elle exige que l'on connaisse la répartition spectrale du rayonnement de la lampe étalon avec d'autant plus de précision que les rayonnements sont plus différents.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur les règles de sélection relatives aux transitions β interdites.* Note (*) de M. **Roger Nataf**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Ces règles se présentent, en général, sous une forme assez compliquée ([1]).

Les auteurs admettent, en général, entre les nucléons et le champ électron-neutrino l'interaction de Gamow-Teller

$$(1) \qquad H_{fi} = \int (\Psi_f^* \beta \vec{\sigma} \Psi_i)(\psi^* \beta \vec{\sigma} \varphi) + \int (\Psi_f^* \beta \vec{\alpha} \Psi_i)(\psi^* \beta \vec{\alpha} \varphi),$$

qui donne les résultats les plus conformes à l'expérience.

Le second terme de (1) est d'ordre v/c par rapport au premier si v est la vitesse des nucléons. Utilisant la relation

$$(2) \qquad (i|\vec{\alpha}|f) = -\frac{1}{c}\frac{d}{dt}(i|\vec{x}|f),$$

on démontre qu'il est d'ordre $\varepsilon_0 R$ par rapport au premier, où $\varepsilon_0 R \ll 1$ toujours.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) Konopinsky, *Rev. Mod. Phys.*, 15, 1943, p. 209; Greuling, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 568.

[ε_0 énergie maxima du spectre β en unités $mc^2 = 511$ keV; R, rayon du noyau en unités $\hbar/mc = 3{,}9.10^{-11}$ cm].

Marshak [2], utilisant des ondes sphériques pour électron et neutrino, obtient des résultats résumés dans le tableau I.

$k = j_1 + j_2$, j_1 nombre quantique de moment angulaire total emporté par l'électron, j_2 par le neutrino;

ΔJ, variation du moment angulaire total du noyau au cours de la transition, en valeur absolue;

P_1, pour la transition permise, a la valeur donnée par la formule de Fermi.

$$\alpha Z = \frac{Z}{137}, \qquad \text{avec Z du noyau final,} \qquad \text{d'où} \quad \frac{\alpha Z}{2} \lesssim \frac{1}{3} \quad \text{toujours.}$$

TABLEAU I.

k.	ΔJ.	Changement de parité.	Probabilité.	Ordre d'interdiction.
1	0, 1	non	P_1	Transition permise
		oui	$P''_1 + P'_1 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 P_1 + (\varepsilon_0 R)^2 P_1$	1er ordre
2	2	oui	$P_2 \sim (\varepsilon_0 R)^2 P_1$	
		non	$P''_2 + P'_2 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 P_2 + (\varepsilon_0 R)^2 P_2$	2e ordre
3	3	non	$P_3 \sim (\varepsilon_0 R)^2 P_2$	
		oui	$P''_3 + P'_3 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 P_3 + (\varepsilon_0 R)^2 P_3$	3e ordre
			....	

Il est plus correct d'écrire $|G''_k + G'_k|^2$ au lieu de $P''_k + P'_k$ ..., car il existe un terme *croisé* en $G''_k G'_k$ ....

$$G'_k \sim (\varepsilon_0 R) G_k \quad \text{correspond au terme en } \beta\vec{\alpha}; \quad G''_k \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right) G_k.$$

Nous avons repris les calculs de Marshak, en faisant les hypothèses suivantes sur les noyaux.

a. On néglige complètement les corrections de relativité et les forces non centrales; il existe alors un *bon* nombre quantique L de moment orbital pour le noyau, qui définit d'ailleurs la parité. On admet une représentation de Pauli pour la fonction d'onde du noyau; le deuxième terme de (1), qui n'est bien défini que pour des fonctions de Dirac, est alors défini par (2).

Nous montrons alors que l'on obtient la classification plus simple du Tableau II, où ΔL est la variation de L en valeur absolue. Les auteurs précédents n'ont pas tenu compte des probabilités

$$P'''_1 = |G'''_1|^2 \qquad \ldots, \qquad P'''_k \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 (\varepsilon_0 R)^2 P_k.$$

---

(2) *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 431.

TABLEAU II.

ΔL →	changement parité.	Ordre d'interdiction.	k.	Probabilité.
	non	transition permise	1	$\|G_1\|^2 = P_1$
1	oui	1er ordre	1	$\|G''_1 + G'_1\|^2$
			2	$\|G_2\|^2 = P_2$
2	non	2e ordre	1	$\|G'''_1\|^2 = P'''_1$
			2	$\|G''_2 + G'_2\|^2$
			3	$\|G_3\|^2 = P_3$

La valeur P'''_1 est précisément celle qui intervient dans le cas de ^{14}C (³).

b. En tenant compte des corrections de relativité, chaque état du noyau est un mélange d'états $l = |J - S|, \ldots, J + S$ l'état L étant prédominant. Il peut alors arriver que l'on ait $\Delta l = n$ pour un couple de valeurs l, l' et $\Delta L > \Delta l$: $\Delta L = N$ pour les valeurs L, L' prédominantes.

D'après (II) la transition serait classée d'ordre N alors que la probabilité correspondrait à l'ordre $n + 2$: produit de termes relativistes (II) serait donc en défaut pour $N > n + 2$. Or : $N - n \leq 2(S + S')$. L'éventualité ne peut donc pas se produire si $S + S' \leq 1$.

Actuellement, il semble résulter des données sur les noyaux légers que l'on ait (⁴) : pour A *impair* $S = S' = 1/2$: un nucléon en plus des couches saturées; pour A *pair* $S = 0$, $S' = 1$ ou $S = 1$, $S' = 0$: un système de deux nucléons en plus des couches saturées.

L'égalité de ΔL et de l'ordre d'interdiction semble donc très générale,

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action directe et indirecte et action de compétition des radiations ionisantes sur le système arsénite-arséniate.* Note de MM. **Marc Lefort** et **Moïse Haïssinsky**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Dans le cadre d'une étude générale des oxydations et des réductions provoquées sur des corps en solution aqueuse (¹), (²), nous avons examiné le système arsénite-arséniate. H. Fricke a établi que les rayons X dans certaines conditions peuvent oxyder l'arsénite (³). Nous avons utilisé les rayons X et les rayons α en opérant en l'absence d'oxygène.

Nous avons dosé l'arséniate par photocolorimétrie à l'aide du réactif

(³) R. Bouchez, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 440.
(⁴) L. Nordheim, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1894.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 314.
(²) Lefort, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 831.
(³) H. Fricke et Hart, *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 596.

molybdique et du chlorure stanneux ([4]), et l'arsénite par une méthode électrométrique.

Les principaux résultats sont résumés ci-après :

1° *Rayons* α. — *a*. L'oxydation de l'arsénite est proportionnelle à la dose d'énergie absorbée jusqu'à la transformation complète. Après cette oxydation totale, si l'on prolonge l'irradiation, on a formation d'eau oxygénée avec un rendement analogue à celui noté pour l'eau pure ([5]). On n'a pas pu observer de réduction de solutions d'arséniate, dans tout le domaine de pH (2,5 à 11) et de concentration d'arséniate (M/10000 à 2M) exploré.

b. Le rendement de l'oxydation reste pratiquement constant quand on fait varier la concentration initiale d'arsénite de M/10 000 à 2 M. Il diminue par contre quand on augmente la dilution au-dessous de M/1000, et ceci suivant une loi approximativement linéaire. Dans ce domaine, où la concentration du corps dissous n'est probablement plus suffisante pour utiliser tous les radicaux libres formés, on a production d'eau oxygénée en même temps que l'oxydation.

c. En passant du pH 2,5 à 7,5, le rendement de l'oxydation augmente très légèrement. Par contre, au pH 10,5 cette augmentation devient importante (20 % environ). Pour les concentrations M/1000 à 2M, les valeurs de Q-molécules oxydées par 100 eV d'énergie absorbée sont voisines de 1,6 pour la zone de pH allant de 2 à 7,5 et de 2,3 à pH 10,5.

d. Le phénomène le plus frappant que nous avons observé à partir de concentrations voisines de 0,2 M est l'apparition de l'action directe du rayonnement sur le corps dissous; formation d'un dépôt d'arsénic-élément dont la quantité croît avec la concentration en arsénite. Il semble que ce soit le premier cas où l'on a constaté une action directe nettement différenciée de l'action indirecte. Ceci confirme l'interprétation donnée aux résultats obtenus sur l'iodure de potassium ([2]).

2° *Rayons* X. — Conformément aux résultats des recherches antérieures, les rayons X agissent différemment. On a également oxydation de l'arsénite, mais le rendement G diminue à mesure que la dose augmente. D'autre part, l'oxydation s'arrête lorsque 80 % de l'arsénite ont été oxydés, quelles que soient la concentration initiale (M/10 000 à M/10) et l'intensité du rayonnement absorbé (10^{15} à 9.10^{15} eV/cm^3 sec). L'influence de la concentration et du pH sur le rendement initial est analogue à celle indiquée pour les rayons α.

Contrairement à ce qui se passe avec l'iode ([1]), on n'observe aucune réduction de l'arséniate, réduction à laquelle on devrait s'attendre d'après l'oxydation incomplète de l'arsénite. Cependant on constate la formation d'eau oxygénée

---

([4]) DENIGÈS, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 1802.

([5]) P. BONET-MAURY et M. LEFORT, *Nature*, **162**, 1948, p. 381.

alors que l'eau pure, irradiée par les rayons X en absence d'oxygène, n'en donne pas ([5]). Nous pensons que cette contradiction apparente peut s'interpréter comme le résultat d'une compétition de l'action des radicaux OH sur l'arsénite et l'arséniate.

(*a*) Pour l'arsénite $AsO_3^{---} + 2OH \rightarrow AsO_4^{---} + H_2O$

(*b*) Pour l'arseniate
$$\left\{\begin{array}{rcl} AsO_4^{---} + OH & \rightarrow & AsO_3^{---} + HO_2 \\ HO_2 + H & \rightarrow & H_2O_2 \\ AsO_3^{---} + 2H_2O_2 & \rightarrow & AsO_4^{---} + \underline{2OH} + H_2O \\ \underline{2OH} & \rightarrow & H_2O_2 \end{array}\right.$$
([6]).

Le radical OH enlèverait ainsi l'oxygène à l'ion ASO^{4---} pour donner un radical plus oxygéné HO_2, action semblable, par exemple, à celle de H_2O_2 sur $KMnO_4$. La compétition explique l'oxydation incomplète de l'arsénite lorsque la concentration de l'arséniate atteint une valeur suffisante; la chaîne de réaction *b* montre que l'arséniate réduit se réoxyde avec reformation de 2OH et production d'H_2O_2.

Nous reviendrons ailleurs sur les détails et les autres résultats expérimentaux, de même que nous essayerons d'en donner une interprétation plus complète.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de quelques stannanes halogénés.* Note de Mlle **Irène Kadomtzeff**, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis longtemps, on cherche à préciser la nature de la liaison métal-halogène dans les composés organométalliques. Comme nous ne connaissons qu'approximativement la liaison métal-carbone et en particulier dans le cas Sn—C, nous nous trouvons fort limités pour tirer des conclusions dans ce domaine. Notre étude revient donc à comparer les effets de substitution de radicaux organiques par des halogènes, selon les natures respectives de ces deux sortes de substituants.

Nous avons étudié en particulier les corps suivants $FSn(CH_3)_3$, $BrSn(CH_3)_3$, $BrSn(C_2H_5)_3$ et $Br_2Sn(C_2H_5)_2$. Nous avons mesuré leurs susceptibilités magnétiques grâce à la balance de Pascal et déduit la susceptibilité du métal d'après la loi d'additivité. Nous avons calculé les moments dipolaires des composés éthylés grâce à la mesure de constantes diélectriques de leurs solutions dans l'hexane par la méthode des battements hétérodynes. Nous donnons ci-contre les valeurs trouvées ainsi que celles de la littérature qui nous permettent de faire une étude comparative.

([6]) C'est une réaction analogue à celle de Haber et Weiss :

$$Fe^{++} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+++} + OH + OH^-$$

	χ_{H_g}.	μ.
$Sn(CH_3)_4$ (1)	$50,5.10^{-6}$	ε
$Sn(C_2H_5)_4$ (1)	33,9	ε
$FSn(CH_3)_3$	45,0	–
$BrSn(CH_3)_3$	46,1	–
$BrSn(C_2H_5)_3$	33,1	3,15 D
$Br_2Sn(C_2H_5)_2$	31,9	4,0
$ClSn(C_2H_5)_3$ (2)	–	3,44
$Cl_2Sn(C_2H_5)_2$ (2)	–	3,89

On voit que pour les composés monohalogénés, il y a une légère dépréciation du diamagnétisme, due à l'effet de substitution. Elle est plus marquée dans le cas des composés méthylés; l'effet serait sans doute plus sensible à cause des faibles dimensions du radical. Contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, la nature de l'halogène ne semble pas jouer une grande influence; on obtient même un effet un peu plus marqué dans le cas d'un noyau de petite dimension comme le fluor.

L'effet de deuxième substitution augmente légèrement la dépréciation magnétique, il y a donc un faible effet d'induction entre les deux halogènes. Ce résultat est confirmé par la valeur du rapport des moments dipolaires

$$\mu\,BrSn(C_2H_5)_2/\mu\,BrSn\,C_2H_5)_3$$

qui est de 1,10 quand, théoriquement, il devrait être de 1,15. Cet effet est un peu plus élevé que pour les composés chlorés (2) dont le rapport des moments est de 1,12. Nous trouvons donc bien, comme Smyth, que l'effet de substitution affecte moins le dérivé éthylé mais, contrairement à ses conclusions, nous obtenons des valeurs de moments plus élevées pour les dérivés bromés. Cela pourrait provenir de différences dans les mesures et en particulier de l'action du solvant. Pour pouvoir comparer les valeurs des moments de liaison Sn-Cl et Sn-Br, il faudrait refaire, comme je me le propose, les mesures de moments dipolaires des deux sortes de composés dans les mêmes conditions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence et la signification d'une nouvelle bande dans le spectre d'absorption du carotène en état d'halochromie*. Note (*) de MM. **Paul Meunier**, **Jacques Jouanneteau** et **Georges Zwingelstein**, transmise par M. Maurice Javillier.

Chacun sait que le carotène et d'autres caroténoïdes en C_{40} fournissent au contact du tri-chlorure d'antimoine dans $CHCl_3$ une belle coloration bleue,

(1) Pascal, *Chimie organique de Grignard*, 2, p. 571.
(2) Smyth, *J. Am. Chem. Soc.*, 1938, p. 183-189.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

caractérisée par une bande d'absorption à 589$^{m\mu}$ [*cf.* p. ex. ([1])]. Cette bande d'absorption a été fréquemment utilisée à des fins analytiques [*cf.* p. ex. ([2])]. L'un de nous a interprété cette bande d'absorption du carotène dans $SbCl_3$ comme une manifestation typique de l'état d'halochromie de ce corps, qui présenterait alors une double ionisation *symétrique*. La bande d'absorption à 589$^{m\mu}$ serait celle d'un double carbénium comportant deux systèmes de quatre doublets électroniques *oscillants*. Plus tard ([3]), la faible intensité de cette bande, comparativement à celle de la vitamine A (elle-même à 620$^{m\mu}$), avait même pu être attribuée à la symétrie du phénomène d'ionisation.

En étudiant de plus près le spectre du β-carotène en état d'halochromie (plus exactement, dans le réactif au $SbCl_3$), nous avons découvert, en dehors de la bande à 590$^{m\mu}$, une seconde bande beaucoup plus intense, mais jamais encore signalée à notre connaissance, se situant, dès l'addition du réactif, à 950$^{m\mu}$. Celle-ci aussitôt apparue se déplace lentement (en 15 minutes environ), en s'affaiblissant, jusqu'à la longueur d'onde de 780$^{m\mu}$, puis son intensité

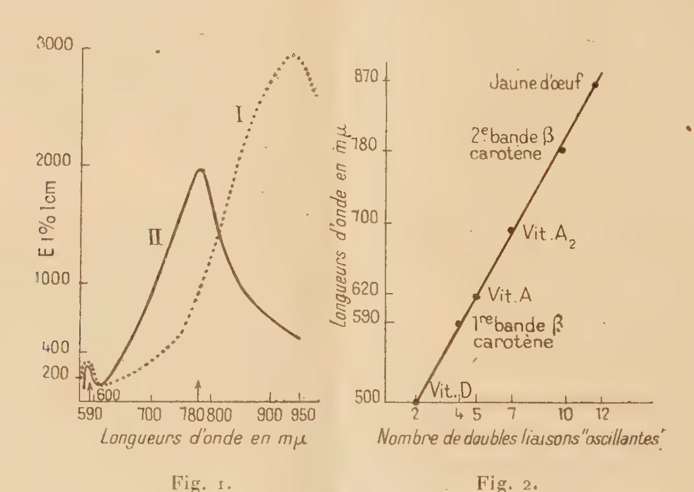


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Spectres d'absorption de β-carotène en état d'halochromie.
I ---- après 1 minute de contact avec $SbCl_3$.
II ——— après 1 heure de contact avec $SbCl_3$.

Fig. 2.
(*Cf.* réf. 6, p. 82.)

augmente à nouveau jusqu'à atteindre E à 1 % sous 1^{cm} = 2000. A ce moment, après une heure environ, l'absorption reste fixe. Pendant ce temps, la bande à 590$^{m\mu}$ ne s'est pas déplacée et a peu varié en intensité. Ces faits sont résumés par la figure 1.

De même que la bande à 590$^{m\mu}$ avait été regardée déjà par l'un de nous ([3])

([1]) R.-A. Morton, *The Application of Absorp. Spectra*, 1 vol., Londres, 1935, 70 pages.
([2]) P. Meunier et Y. Raoul, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 861.
([3]) P. Meunier, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1528-1530.

comme une manifestation nouvelle du *cis-peak effect* ([4]) (transition électronique $0 \rightarrow 2$), transposée au spectre de transfert de charge du carotène deux fois ionisé, nous considérons aujourd'hui la bande à $780^{m\mu}$ comme l'équivalent de l'absorption fondamentale (transition électronique $0 \rightarrow 1$) correspondant à un spectre de transfert de charge de la molécule de carotène une seule fois ionisée. Notons en effet que la loi linéaire établie par l'un de nous en 1947 ([5]) entre le nombre de doubles liaisons *oscillantes* d'un caroténoïde en état d'halochromie (vitamine A, première bande du carotène, etc.) et la position spectrale de la bande d'absorption correspondante extrapolée jusqu'au domaine de $780^{m\mu}$ indique une oscillation de dix doubles liaisons conjuguées (*fig.* 2); ce serait le cas du carotène présentant une double liaison ionisée, c'est à dire *ouverte*. Ajoutons que l'extrait de jaune d'œuf (mélange naturel de lutéine et de zéaxanthine) présente dans l'extrême rouge une bande d'halochromie à $860\text{-}875^{m\mu}$, tandis que la vitamine A elle-même ne fournit aucune bande dans la région $700\text{-}900^{m\mu}$, mais seulement la bande bien connue à $620^{m\mu}$.

Pour ces raisons, nous pensons que cette nouvelle donnée spectrale concernant les carotènes est susceptible d'applications variées : recherche et dosage du carotène dans des milieux complexes (lait, sérum ou plasma sanguin, etc.), étude de la configuration stéréochimique des caroténoïdes naturels en C_{40} [*cf.* ([5]) et ([6])].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la copolymérisation ionique.*

Note de M. **Yvan Landler**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les lois générales de la copolymérisation, amorcée par les radicaux libres, sont connues depuis quelques années. Disposant d'un grand nombre de résultats, Alfrey et Price ([1]) d'abord, Walling et Mayo ([2]) ensuite, ont établi des relations, à partir desquelles on peut déterminer pour chaque monomère une valeur Q, exprimant la réactivité du radical formé à partir de ce monomère, et une valeur *e*, caractérisant la densité électronique de la double liaison. Ces valeurs permettent de calculer les rapports entre les quatre constantes de vitesse de propagation de deux monomères choisis, et de définir d'avance la constitution du copolymère.

En ce qui concerne la copolymérisation ionique, il n'existe que des résultats fragmentaires sur les réactions cationiques, où la polymérisation est amorcée

---

([4]) L. Zechmeister, Le Rosen, Schroeder, Polgar et Pauling, *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 1940.

([5]) P. Meunier et A. Vinet, *Chromatographie et Mésomérie*, 1 vol., Paris, 1947, 126 pages.

([6]) L. Zechmeister, *Chem. Reviews*, 334, 1944, p. 267-344.

([1]) *J. Polymer. Sci.*, 2, 1947, p. 101.

([2]) *J. Polymer. Sci.*, 3, 1948, p. 895.

par un ion positif et la propagation s'effectue par l'intermédiaire de l'ion carbenium positivement chargé. Quant à la copolymérisation anionique, impliquant pendant le stade de propagation la formation de l'ion carbenium négatif, aucun travail quantitatif n'a encore été fait.

Courbes de copolymérisation.

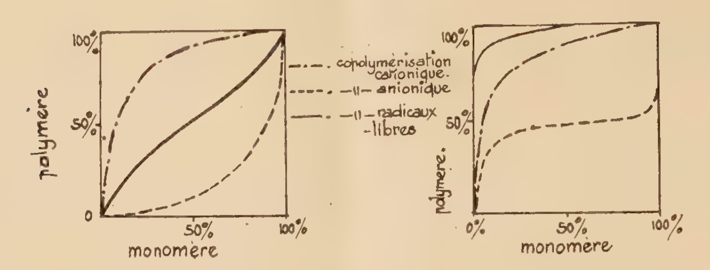


Fig. 1. — Styrolène-méthacrylate de méthyle. Fig. 2. — Styrolène-acétate de vinyle.

Pourcentage moléculaire instantané du styrolène dans le copolymère en fonction du pourcentage moléculaire du styrolène dans le mélange initial des monomères.

Nous avons copolymérisé, dans un système cationique, ainsi que dans un système anionique, le styrolène avec le méthacrylate de méthyle et avec l'acétate de vinyle, en variant les concentrations initiales des monomères. La réaction cationique était effectuée en présence d'air à 25°C dans une solution de nitrobenzène (une part de nitrobenzène pour une part de mélange des monomères), en utilisant comme catalyseur le $SnBr_4$ (conc. 1 %). La copolymérisation anionique se faisait également en présence d'air, à basse température ($\sim$ 50°C), en ajoutant du sodium dissous dans l'ammoniac liquide au mélange des monomères. La polymérisation a été interrompue entre 10 et 20 % de conversion environ : le polymère a été coagulé, redissous, reprécipité à plusieurs reprises et séché. La constitution du copolymère formé a été déterminée par microanalyse.

Nous avons vérifié que la constitution du copolymère ne change pas quand la concentration du catalyseur variait de 0,2 à 5 %. De même les fractions de différents poids moléculaires avaient la même constitution, ce qui prouve la formation d'un vrai copolymère. En utilisant la forme intégrée de la relation

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \times \frac{r_1[M_1]+[M_2]}{r_2[M_2]+[M_1]} \quad (^3),$$

nous avons déterminé la réactivité (r_1 et r_2) des monomères (M_1 et M_2) dans la copolymérisation.

(3) F.-R. Mayo et F.-M. Lewis, *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 1594.

	Copolymérisation cationique		Copolymérisation anionique		Copolymérisation amorcée par les radicaux libres		
	r_1.	r_2.	r_1.	r_2.	r_1.	r_2.	
Styrolène-méthacrylate de méthyle............	10,5	0,1	0,123	6,4	0,52	0,46	([4])
Styrolène-acétate de vinyle.	8,25	0,015	0,01	0,1	55	0,01	([5])

Les conclusions qualitatives suivantes peuvent être tirées :

1° Le degré de polarisation et la nature électrophile ou nucléophile des substituants juxtaposés sur la double liaison, influencent d'une manière décisive la constitution du polymère formé.

2° Le groupement phényle du styrolène est considéré comme légèrement nucléophile, ce qui explique la plus grande susceptibilité de réaction du styrolène avec une charge positive. Dans le cas des fonctions d'ester et carboxyle, l'effet d'induction s'ajoute à l'effet mésomérique, provoquant une diminution de la charge de la double liaison, d'où la prédominance du méthacrylate de méthyle et de l'acétate de vinyle dans les polymères formés par un processus anionique.

3° Dans le cas de copolymérisation amorcée par les radicaux libres, l'obtention d'un copolymère idéal avec une alternance statistiquement régulière, est d'autant plus probable que les valeurs de Q des deux monomères sont plus rapprochées et que les valeurs de e sont de même grandeur, mais de signes opposés. Par contre dans une réaction ionique, pour qu'un copolymère idéal puisse se former, la valeur de e des deux monomères doit avoir même signe et être de même grandeur.

4° L'influence des facteurs groupés sous le signe Q doit avoir une importance moins grande que dans les réactions amorcées par les radicaux libres.

D'autres résultats seront nécessaires pour établir une loi quantitative.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Influence du champ magnétique sur le soufre colloïdal.*

Note de Mlle **Olga Tanaevsky**, présentée par M. Paul Pascal.

Rao dans ses travaux ([1]) a montré que la susceptibilité magnétique est influencée pour certains produits par la taille de leurs particules.

([4]) F.-M. Lewis, C. Walling, W. Cumings, E.-R. Briggs et F.-R. Mayo, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1519.

([5]) F.-R. Mayo, C. Walling, F. M. Lewis et W.-F. Hulse, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1523.

([1]) *Ind. Journ. Phys.*, 6, 1931, p. 242; 7, 1932, p. 35; *Proc. Ind. Acad. Sc.*, 1, 1934, p. 123; 2, 1935, p. 249.

Nous inspirant de ces travaux, nous avons étudié le soufre à l'état colloïdal. Ce soufre a été préparé selon la méthode de Swen Oden [2]: précipitation du soufre à l'état colloïdal par l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'acide sulfureux (eau saturée de l'anhydride sulfureux); en même temps des acides polythioniques se forment que l'on élimine en précipitant avec du chlorure de sodium et en redissolvant le soufre colloïdal, il reste un peu de chlorure de sodium (0,5 environ) qui stabilise la suspension, et dont il faut tenir compte dans les mesures magnétiques.

Le soufre colloïdal ainsi préparé est ultrafiltré sur une série de membranes de pores de diamètres décroissants. Les filtrats obtenus furent étudiés au point de vue magnétique sur la balance de Pascal montée par M. A. Pacault.

Pour calculer la susceptibilité magnétique du soufre colloïdal la formule appliquée est

$$k_1 = \frac{k_s x_s + k_{H_2O} x_{H_2O} + k_{ClNa} x_{ClNa}}{100};$$

k_1, susceptibilité spécifique mesurée sur la balance de Pascal;
k_s, susceptibilité du soufre colloïdal cherchée : x_s% de S;
k_{ClNa} susceptibilité de ClNa = — 0,499. 10^{-6} : x_{ClNa}% de ClNa;
k_{H_2O} susceptibilité de H_2O = — 0,72. 10^{-6} : x_{H_2O}% de H_2O.

Pour chaque préparation l'absence de fer a été vérifiée avec une solution à 0,2 % d'αα-dipyridyl dans ClH à 0,2N.

Les solutions ont environ 15 % de S, une solution à 4 % de S a donné les mêmes résultats.

Voici quelques observations :

1° *Pour chaque mesure, une préparation différente a été faite :*

Diamètre des pores (mμ).	k_s colloïdal.	% de S.
825	—0,530.10^{-6}	11,9
	0,536	12,5
477	0,530	13,7
	0,533	15,7
	0,529	14
	0,535	8,7
395	0,587	7
	0,585	12,3
340	0,586	14,1

(2) *Nov. Acta. Reg. Soc. Ups.*, IV, 3-4.

(3) Membranes ultrafiltrantes préparées au laboratoire de M. Grabar de l'Institut Pasteur.

2° *Ultrafiltration faite en reprenant le filtrat déjà mesuré et en le passant sur la membrane suivante :*

Diamètre des pores (mμ).	k_s colloïdal.	% de S.
825	$-0,531.10^{-6}$	16,2
477	0,536	15,3
466	0,538	14,4
430	0,556	13,4
395	0,585	12,3

3° *Ultrafiltration faite à travers les membranes en partant chaque fois de la même préparation-mère :*

712	$-0,527.10^{-6}$	14,8
477	0,527	14,6
466	0,531	14,3
430	0,546	13,9
395	0,582	12
340	0,584	11,8

D'après ces résultats on obtient pour les membranes de diamètre varié les valeurs extrêmes suivantes très concordantes :

$D = 825^{m\mu}$ jusqu'à $466^{m\mu}$,	$k_{s_{colloïdal}}$ compris entre	$-0,530$ et $-0,535.10^{-6}$
$430^{m\mu}$ » »	»	$-0,556$ et $-0,546.10^{-6}$
$395^{m\mu}$ » $340^{m\mu}$	»	$-0,582$ et $-0,586.10^{-6}$

On a essayé des membranes à pores plus fins, mais il a été alors impossible d'ultrafiltrer le soufre colloïdal.

Nous pouvons dire que le soufre colloïdal présente une augmentation en valeur absolue de la susceptibilité par rapport au soufre rhombique; cette augmentation dépend de la grosseur des particules ultrafiltrées et les particules les plus fines ont le diamagnétisme le plus fort.

La concentration dans les limites étudiées (de 4 % à 16 %) ne semble pas influer sur la susceptibilité magnétique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur une nouvelle réaction ionique du troisième ordre; existence d'un disulfure de zinc.* Note de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

En phase liquide comme en phase gazeuse, les réactions chimiques provoquées par l'interaction simultanée de trois molécules ou particules sont très peu nombreuses ([1]). Parmi celles-ci, on en connaît cependant quelques-unes qui se

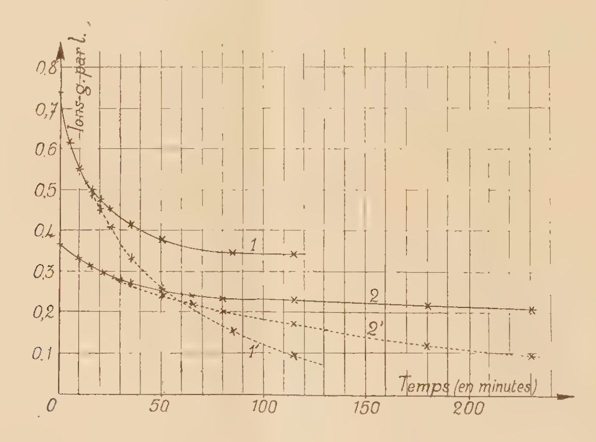
([1]) E. A. Moelwyn-Hughes, *The kinetics of reactions in solution*, Oxford, 2e édition, 1947, p. 48.

produisent en solution aqueuse et font intervenir des ions minéraux : l'oxydation catalysée du sulfate ferreux ([2]), l'action des ions iode, d'une part sur les ions ferrique ([3]), d'autre part sur les ions ferricyanhydrique ([4]) ont notamment été démontrées être du troisième ordre.

La méthode de préparation du sulfure de zinc luminescent récemment publiée par A Guntz ([5]), qui consiste d'après cet auteur à chauffer en autoclave, à 150°, une solution aqueuse mixte de thiosulfate de sodium et d'un sel de zinc, semble utiliser un nouvel exemple de réaction ionique de ce type.

J'ai constaté pour ma part qu'à condition d'opérer en solution suffisamment concentrée, la précipitation annoncée se produit lentement dès la température ordinaire : elle est déjà observable après plusieurs jours et notable après plusieurs semaines. En maintenant le liquide à l'ébullition, on obtient assez rapidement un abondant précipité blanc qui, au bout d'un certain temps, après de violents soubresauts, se souille de soufre alors que la solution est le siège d'un dégagement de gaz sulfureux.

L'étude cinétique de la précipitation permet de saisir le mécanisme de la réaction. Les courbes du diagramme ci-dessous représentent les variations



à 100°, en fonction du temps, de la concentration C des ions zinc (trait plein) et de la demi-concentration C′ des ions thiosulfurique (trait pointillé) pour

$$C_0 = C'_0 = 0,738 \text{ ion-g/l} \quad \text{(courbes 1 et 1')}$$

et

$$C_0 = C'_0 = 0,369 \text{ ion-g/l} \quad \text{(courbes 2 et 2')}.$$

On voit que, dans un cas comme dans l'autre, pendant une première phase du phénomène, les deux courbes $C = f(t)$ et $C' = F(t)$ sont confondues,

---

([2]) A. B. Lamb et L. W. Elder, *J. Amer. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 137-163.

([3]) A. v. Kiss, *Z. Anorg. Chem.*, **198**, 1931, p. 102-115.

([4]) A. v. Kiss, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **52**, 1933, p. 289.

([5]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 80 et 1280.

ce qui signifie que la précipitation d'un atome de zinc s'accompagne d'un appauvrissement de la solution de deux ions thiosulfurique. Il n'y a alors formation ni d'ions sulfureux, ni d'ions sulfurique, mais seulement d'ions dithionique. De plus, le solide blanc qui précipite alors seul n'a pas la composition SZn : l'analyse m'a montré que c'est un disulfure de zinc répondant à la formule S_2Zn, combinaison qui n'avait jamais encore été décrite. Ainsi, la réaction globale peut s'écrire

$$Zn^{++} + 2\,S_2O_3^{--} \rightarrow \underset{\downarrow}{\underline{S_2Zn}} + S_2O_6^{--}$$

La comparaison des résultats consignés dans les courbes 1 et 2 montre que ce schéma représente non seulement le phénomène chimique global, mais réellement, dans les conditions employées, le mécanisme même de ce phénomène. En effet, si y représente la fraction de C_0 (ou de C'_0) restante en solution à l'instant t, le rapport des valeurs des expressions $(1/t)\,[(1/y^2) - 1]$ pour ces deux concentrations initiales, dont la première est double de l'autre, est sensiblement égale à 4, ce qui correspond bien à une réaction provoquée par l'interaction de trois particules [6]. Le coefficient de vitesse k_3 à 100° de cette réaction du troisième ordre est égal à $7{,}9 \cdot 10^{-2}\ (\text{mol-g/l})^{-2}\ \text{min}^{-1}$.

Brusquement, à un instant indiqué par l'abscisse du point de bifurcation des courbes C (1 ou 1′) et C′ (2 ou 2′), la solution devient fortement acide et s'enrichit en ions sulfurique. Cet effet ne peut être attribué qu'aux ions dithionique, décomposés par l'eau à une vitesse appréciable à partir d'une certaine valeur de leur concentration. Cette acidité du milieu provoque alors la décomposition des ions thiosulfurique restants avec précipitation de soufre et dégagement de gaz sulfureux.

Le disulfure de zinc obtenu dans cette réaction n'est pas très stable : au-dessus de 120° il jaunit en donnant du sulfure de zinc S Zn et du soufre. Cette décomposition est d'ailleurs très lente : après deux heures à 500° elle est encore loin d'être terminée. A plus haute température on obtient du sulfure de zinc très pur, exempt d'oxyde de zinc, qui présente des propriétés luminescentes particulières.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage gravimétrique du vanadium. Étude critique de la thermolyse des précipités utilisés*. Note de MM. **Clément Duval** et **André Morette**, présentée par M. Paul Lebeau.

On sait depuis sa découverte, que le vanadium est l'un des corps simples les plus difficiles à doser pondéralement. Avant d'étudier sur lui l'emploi des

---

(6) Notons que le rapport des valeurs des expressions $(1/t)[(1/y) - 1]$ pour ces deux mêmes concentrations initiales est de l'ordre de 3,4 et non 2, comme ce serait le cas pour une réaction du deuxième ordre.

réactifs organiques modernes, nous avons voulu faire la critique des méthodes existantes et rechercher celles d'entre elles qui pourront servir pour le dosage automatique du métal, notamment dans ses alliages. Cette Note est donc relative à l'étude des courbes de thermolyse tracées avec la thermobalance de Chevenard, suivant la technique donnée par l'un de nous [1].

1° A notre avis, les méthodes suivantes de précipitation doivent être abandonnées pour les raisons indiquées.

Formes de précipitation.	Auteurs.	Défauts des méthodes.
Sulfure de vanadium...............	Norblad (1875)	Résultats inconstants
Benzoate ou cinnamate de vanadium.	Shemyakin (1936)	La forte acidité requise provoque la précipitation des acides organiques
Vanadate de baryum en milieu alcalin.	Carrière et Guiter (1937)	Non quantitative; courbe de thermolyse non reproductible; résidu non défini
» de plomb................	Ditte (1888), Carrière et Guiter (1937)	Courbe de thermolyse sans palier utilisable; précision insuffisante du résultat final
» d'argent en milieu alcalin..	Kroupa (1944)	Courbe sans cesse croissante; vanadium dans le filtrat
» de manganèse............	Carnot (1887)	Pas de palier pour $V_2O_7Mn_2$, car Mn s'oxyde; vanadium dans le filtrat
Vanadate lutéocobaltique en milieu acide...........................	Parks et Prebluda (1935)	Précipité difficilement lavable; pas de palier à 100°
Complexe avec l'α-nitroso β-naphtol.	Terrisse et Lorréol (1905)	Non quantitative; erreur : 3 à 4 %; courbe sans palier
» avec la dicyanodiamidine.	Fidler (1949)	Résultats aberrants; courbe sans palier
» avec l'oxine.............	Jilek et Vicovsky (1932)	Non quantitative; entraînement de vanadium pendant la carbonisation

2° Les méthodes suivantes donnent les résultats les plus précis par pesée du produit intermédiaire ou final de la thermolyse (erreur de l'ordre de 0,5 %) : précipitation en vanadate mercureux, en cupferronate, en tétravanadate de strychnine et en métavanadate de cobalt-III-hexammine (milieu neutre).

Pour ce dernier cas, les courbes de thermolyse et les résultats analytiques sont les mêmes si l'on opère en milieu neutre ou en milieu alcalin, contrairement aux indications des auteurs (Parks et Prebluda, 1935).

Le précipité obtenu avec la strychnine se filtre bien, mais il est difficile de s'assurer de la fin du lavage. La courbe de thermolyse correspondant à ce corps

---

[1] Cl. Duval et coll., *Anal. Chim. Acta.*, **1**, 1947, p. 341, 345, 355, 360, 408; **2**, 1948, p. 45, 53, 57, 92, 103, 105, 110, 205, 210, 218, 222, 226, 432; **3**, 1949, p. 163, 183, 186, 189, 191, 324, 330, 335, 345, 438, 589, 599; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1824; **226**, 1948, p. 1276, 1727; **229**, 1949, p. 51; *Chim. anal.*, **31**, 1949, p. 173, 204.

présente un palier horizontal entre 100° et 140°, satisfaisant à un vanadate acide de strychnine que nous croyons nouveau.

Les résultats obtenus avec les vanadates de baryum, d'uranium-VI et d'argent, en milieu acide, sont acceptables, mais d'une faible précision.

3° Le métavanadate d'ammonium satisfait à la formule VO_3NH_4 entre 45° et 134°; il donne quantitativement l'acide métavanadique VO_3H suivant un palier étroit s'étendant de 198° à 206°; d'où un procédé sûr d'obtention de cet acide à l'état de pureté, mais il est bien connu qu'il ne peut être employé pour le dosage précis du vanadium.

4° Les résultats gravimétriques, ainsi que les courbes de thermolyse et leur interprétation complète, correspondant à toutes ces méthodes, bonnes ou mauvaises, sont publiés dans d'autres recueils.

Le tableau récapitulatif suivant indique les formes de dosage que nous proposons de garder, avec les limites de température en degré C des paliers obtenus avec la thermobalance. Les méthodes marquées d'un astérisque sont convenables pour le dosage automatique imaginé par l'un de nous [1].

Réactif précipitant.	Forme de pesée.	Limites de température.
Azotate mercureux	V_2O_5	675–946
Chlorure de baryum (en milieu acide)	$(VO_3)_2Ba$	371–950
Azotate d'argent (en milieu acide)	VO_3Ag	60–500
Azotate d'uranium-VI	$V_2O_7(UO_2)_2$	560–960
*Chlorure lutéocobaltique (en milieu neutre)	$(VO_3)_3[Co(NH_3)_6]$	58–143
*Cupferron	V_2O_5	581–946
*Strychnine	V_2O_5	390–950

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude des distances interatomiques et des propriétés de l'ovalène, et des hydrocarbures coronoïdes par la méthode des états de spin.* Note (*) de MM. **Buu Hoï**, **Odilon Chalvet** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que la méthode des états de spin permet d'évaluer sans calcul les distances interatomiques des hydrocarbures polynucléaires [1]. Dans le cas du coronène les valeurs qu'elle indique sont en parfait accord avec l'expérience [1].

Récemment un nouvel hydrocarbure a été préparé par synthèse : l'ovalène [2]. On peut le considérer comme un homologue du coronène dans une série formée

---

(*) Séance du 23 janvier 1950.

[1] Vroelant et Daudel, *Bull. de la Soc. Chimique de France*, **16**, 1949, p. 36 et 217; *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 399.

[2] Clar, *Nature*, **161**, 1948, p. 238.

par un *noyau* constitué par un ou plusieurs cycles benzéniques accolés linéairement et complètement entouré par une couronne de cycles également benzéniques. On pourrait donner le nom générique d'hydrocarbures coronoïdes aux termes de cette série.

Dans la méthode des états de spin, le diagramme moléculaire de l'ovalène est le suivant : (indices de liaison de Penney, indices de valence libre normés à 1,682) (*fig.* 1).

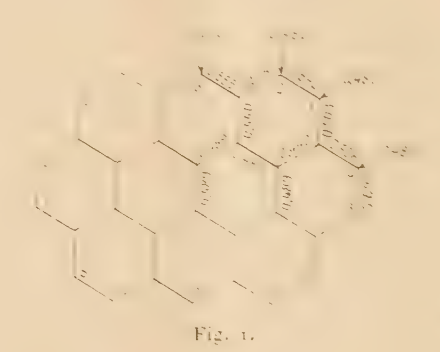


Fig. 1.

A ces indices de liaison correspondent les distances interatomiques suivantes :

Indices.......	0,692	0,556	0,508	0,489	0,440
Distances.....	1,380	1,410	1,420	1,425	1,436

Des mesures expérimentales sont en cours ([3]) et les premiers résultats connus concordent avec les prévisions théoriques comme le montre le tableau ci-dessous.

	Théorie.	Expérience.
Longueur des liaisons les plus courtes..........	1,380	1,36 à 1,38
» extérieures (moyenne)....	1,406	~1,39
» intérieures »	1,429	~1,41
» les plus longues.........	1,436	1,44

Une meilleure comparaison pourra être effectuée dès que des données expérimentales plus précises seront connues.

Il faut s'attendre à ce que la réactivité chimique de ce corps soit dominée par la présence d'un fort indice de valence libre sur les sommets 3 et 10 qui s'apparentent ainsi aux sommets mésos de l'anthracène et l'existence des six liaisons 1-2; 4-5; 6-7; 8-9; 11-12 et 13-14 semblables par leurs indices à la liaison méso du phénanthrène. Les halogénations (par le brome, le chlorure de sulfuryle, la bromosuccinimide, par exemple), la nitration, la sulfonation devraient se faire en 3 et 10. L'hydrogénation catalytique, la fixation du tétra-

---

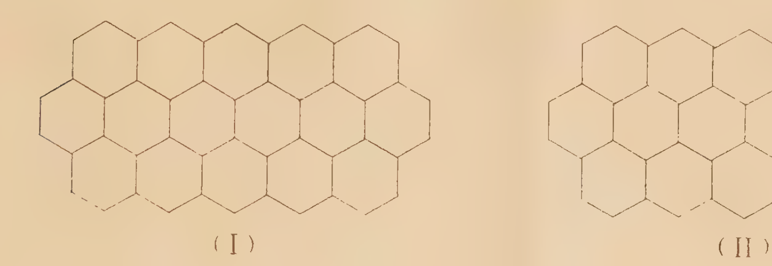
([3]) Donaldson et Robertson, *Nature*, **164**, 1949, p. 1002.

oxyde d'osmium et autres additions analogues devraient intéresser l'une ou plusieurs des six liaisons précitées.

Le diagramme du troisième terme de la série des coronoïdes ou *triovalène* est le suivant (le corps lui-même est encore inconnu) (*fig.* 2) :

Fig. 2.

Les dessins ci-après donnent la structure des tétraovalène (I) et du pentovalène (II).



(I) (II)

Fig. 3.

Dans tous ces composés le *noyau* constitué par les cycles benzéniques internes est en tout point comparable aux parties internes des molécules de graphite. Il est fort probable que ces composés se forment dans la dégradation du charbon qui, en tout cas, produit en grandes quantités le premier terme de la série : le coronène (4).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les glucides du Topinambour.* I. *Produits intermédiaires dans l'hydrolyse acide de l'inuline.* Note de M. **Raymond Dedonder**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'inuline, le plus important des polyfructosanes du tubercule de Topinambour et le plus connu, est, comme l'ont montré Schlubach et Elsner (1), facilement

(4) Brevets anglais de l'I. G. Farbenindustrie 470338 (1936) et 497089 (1937).

(1) *Berichte*, 65, 1932, p. 519.

hydrolysable par les acides. En se plaçant dans des conditions telles que l'hydrolyse soit lente, Hildt (²), puis Hibbert et Percival (³), Schlubach et Knoop (⁴) montrent que la réaction ne suit pas la loi des réactions monomoléculaires. Par ailleurs Jackson et ses collaborateurs trouvent dans les produits d'hydrolyse de l'inuline les anhydrides I, II, III (⁵). Ils pensent que ces éléments préexistent et sont des intermédiaires dans l'hydrolyse de l'inuline. Mais leur hydrolyse, beaucoup plus difficile que celle de l'inuline, rend cette hypothèse peu vraisemblable. Haworth et ses collaborateurs (⁶) montrent que l'anhydride I est un produit de réversion du fructose. L'on n'a en tout cas jamais mis en évidence l'existence d'une série de substances intermédiaires entre l'inuline et le fructose.

Nous avons été amené à penser qu'en fait l'hydrolyse de l'inuline pouvait donner naissance à de telles substances intermédiaires, comparables aux dextrines produites lors de l'hydrolyse de l'amidon. La chromatographie sur papier nous a permis de vérifier cette hypothèse (⁷).

Nous avons hydrolysé une solution d'inuline pure à 4 % à 20° avec de l'acide sulfurique normal. Nous avons fait des prélèvements réguliers que nous avons neutralisés au carbonate de baryum. D'une part, nous avons analysé les réducteurs formés, d'autre part nous avons porté sur la ligne de départ d'un chromatogramme sur papier une tache de chacun des prélèvements. On développe le chromatogramme avec du phénol aqueux en chromatographie descendante, avec écoulement du phénol au bas de la feuille. Les taches sont révélées avec du résorcinol chlorhydrique.

Déjà après 1ʰ30 d'hydrolyse on voit apparaître une série de taches, qui deviennent très nettes vers 5 ou 6 heures, un peu avant le temps de demi-hydrolyse, on distingue, outre le fructose, sept taches bien individualisées, puis une traînée qui part de la tache initiale où l'inuline non attaquée est restée en place. Pour des temps d'hydrolyse plus longs la tache d'inuline disparaît puis les taches intermédiaires et il n'apparaît plus qu'une tache de fructose.

Voici un tableau correspondant à des chromatogrammes développés pendant 48 heures. Le front du solvant étant en dehors de la feuille, nous caractériserons les taches en donnant leur R_g par rapport au fructose :

(²) *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1505.

(³) *J. Am. Chem. Soc.*, **52**, 1930, p. 3995.

(⁴) *Ann.*, **504**, 1933, p. 19.

(⁵) *Bur. Stand. J. Res.*, **3**, 1929, p. 27; **5**, 1930, p. 733; **5**, 1930, p. 1151; **6**, 1931, p. 709; **11**, 1933, p. 619.

(⁶) W. N. Haworth, E. L. Hirst et E. G. V. Percival, *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 2384.

(⁷) Partridge, *Biochem. J.*, **42**, 1948, p. 238.

$$R_g = \text{Rapport} \frac{\text{déplacement du glucide}}{\text{déplacement du fructose}}.$$

Temps d'hydrolyse...	5 heures		6 heures	
	R_g.	N°.	R_g.	N°.
Fructose	1,00	1,25	1,00	1,25
A	0,80	1,22	0,80	1,22
B	0,65	1,22	0,65	1,22
C	0,54	1,25	0,54	1,29
D	0,43	1,37	0,42	1,36
E	0,31	1,30	0,31	1,30
F	0,24	1,38	0,24	–
G	0,17	–	?	–

$$N = \text{Rapport} \frac{\text{déplacement d'un glucide}}{\text{déplacement du glucide suivant}}.$$

En conclusion, l'expérience a vérifié notre hypothèse. L'hydrolyse acide de l'inuline libère une série de produits intermédiaires entre ce polyoside et le fructose. Le déplacement du glucide A est identique à celui du saccharose, les glucides B et C se placent de chaque côté du raffinose. Nous observons un rapport presque constant entre le déplacement d'un glucide et celui de son suivant. Ceci nous fait penser à une série de corps : di-, tri-, tétra-, pentaholoside, etc., le premier qui occupe la place du saccharose étant un diholoside, peut être le saccharose lui-même, qui proviendrait alors de la séparation en un seul tronçon du groupe fructose-glucose qui doit exister dans chaque chaîne d'inuline, d'après Bell ([8]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fixation du soufre par certains dérivés aromatiques à chaîne latérale éthylénique.* Note (*) de MM. **Joseph Schmitt** et **Albert Lespagnol**, présentée par M. Marcel Delépine.

En réalisant une déshydrogénation par le soufre d'un produit de polymérisation du *p*-méthoxy-isopropénylbenzène, nous avons isolé un composé soufré ($C_{10}H_8OS_3$) stable et fortement coloré en rouge (II). Au cours des recherches, suscitées par cette observation, nous avons plus spécialement étudié les particularités structurales susceptibles de conditionner l'introduction du soufre dans les molécules présentant une constitution analogue à celle du produit dont nous étions fortuitement partis. Dans l'ignorance où nous étions, du moins au début de nos expériences, de travaux antérieurs et pour une large part rela-

([8]) D. J. Bell et A. Palmer, *Biochem. J.*, (2), 45, 1949, XIV.

(*) Séance du 23 janvier 1950.

tivement récents (¹) et (²), nous avons été amenés à traiter l'anethole par le soufre et avons retrouvé les résultats de ces auteurs. On sait que l'on obtient dans ce cas un dérivé trisoufré couramment appelé *trithioanethole* et répondant à la formule (I). Nous avons obtenu des dérivés semblables en traitant par le soufre et dans les mêmes conditions le *p*-méthoxy-isobutényl-benzène, le 2-*p*-méthoxyphényl-3-phénylpropylène-2 et l'ester de l'acide *p*-méthoxy-β-méthylcinnamique. Si l'on considère comme acquise la formule du *trithioanethole* (³) (I), on peut admettre pour les produits que nous avons préparés les formules suivantes : $C_{11}H_{10}OS_3 . C_{16}H_{12}OS_3 . C_{13}H_{12}O_3S_3$ et répondant aux schémas ci-après : (III).(IV).(V). Par contre le 3-*p*-méthoxyphényl-pentène-3 traité par le soufre ne donne pas de dérivé polysoufré coloré.

S——S
C
C C C=S
CH
CH_3O—C C
C

(I)

S=C——S
R—C S
C
R′

(II)-(VII)

(II)	F 152°;	R = $CH_3O—C_6H_4$–,	R′ = H—
(III)	F 149°;	R = » ,	R′ = —CH_3,
(IV)	F 168°;	R = » ,	R′ = —C_6H_5,
(V)	F 113°;	R = » ,	R′ = —$COOC_2H_5$,
(VI)	F 104°;	R = $CH_3—C_6H_4$,	R′ = H—,
(VII)	F 198°;	R = α-naphtyl-,	R′ = H—,

Ces constatations, jointes à celles qui ont été faites par ailleurs, montrent la nécessité d'un groupement *méthyl* activé par une double liaison et de la présence d'un atome d'hydrogène sur l'atome de carbone en β du — CH_3.

Dans une deuxième série d'expériences, nous nous sommes attachés à déterminer si une substitution quelconque dans un noyau benzénique porteur par ailleurs d'un groupe isopropénylé était nécessaire ou favorable à l'obtention de dérivés polysoufrés. Le comportement comparé de l'isopropénylbenzène, du *p*-méthyl-isopropénylbenzène qui conduit au produit (VI) de formule $C_{10}H_8S_3$ F 104°, rapproché de ce que l'on a dit plus haut des dérivés paraméthoxylés, nous a montré que la substitution en para (par — CH_3 ou — OCH_3) était favorable à la réaction.

D'autre part, si l'on veut bien considérer comme légitime l'assimilation du naphtalène à un noyau benzénique porteur de deux chaînes latérales, il semble

---

(¹) O. Gaudin et N. Lozac'h, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 577.

(²) B. Böttcher et A. Lüttringhauss, *Ann. Chem.*, 557, 1947, p. 87.

(³) N. Lozac'h, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 686.

que la substitution en ortho et méta favorise également la fixation du soufre. L'α.isopropényl-naphtalène conduit facilement au dérivé soufré attendu (VII) de formule $C_{13}H_8S_3$.

GÉOLOGIE. — *Actions littorales dans la région du Grau d'Orgon (delta du Rhône).* Note de Mme **Lucien Razavet**, présentée par M. Charles Jacob.

La région deltaïque du petit Rhône subit une rapide érosion, tant sur les berges du Grau que sur le littoral. Par suite du comblement progressif de ce bras du fleuve, ses eaux, descendant lentement à la mer par le Grau d'Orgon, n'apportent généralement qu'une charge sédimentaire minime, hors périodes de grandes crues, marquées par l'abondance des troubles (vases rouges des crues du Gardon ou vases noires des crues de l'Isère). Par contre, en période de maigre, l'effet de la mer se fait sentir très loin car, au pont de Sylvéréal, la salinité est encore assez forte pour permettre la vie de certains poissons marins. Au total la masse des matériaux apportés par le fleuve reste faible et ne suffit visiblement pas à compenser l'érosion par les actions marines des berges et du littoral.

En effet, jusqu'au voisinage du bac du Sauvage où la diminution de la salure permet l'installation de roselières qui sont d'actifs agents de la sédimentation des vases et des limons, les *deux rives* présentent des traces notables d'érosion. Dans cette zone, les berges vaseuses s'effondrent par blocs encore recouverts d'herbes et de joncs, avec formation de falaises d'érosion caractéristiques et sans cesse rafraîchies par leur recul. Les berges sableuses y sont également attaquées, mais sans formation de falaises d'érosion et seuls, les tamaris morts, inondés et déchaussés, donnent une preuve incontestable de leur régression.

L'érosion se poursuit à l'embouchure et sur le littoral; par endroits, la vase, généralement couverte d'une minime épaisseur de sable, affleure au fond en gros blocs dont la destruction est très lente. Elle est littéralement remplie de racines de roseaux morts qui montrent qu'il s'agit d'anciennes formations lagunaires envahies et ravinées par l'avancée marine. Au débouché du Grau, le recul du rivage serait déjà de près d'un kilomètre. L'embouchure présente une barre se raccordant aux rivages à ses extrémités et doublée de deux cordons littoraux parallèles aux grèves. A l'Ouest du Grau, une grande partie de la plage et des anciennes dunes a disparu. L'étang d'Icard, jadis séparé de la mer par un cordon de dunes se trouve maintenant ouvert à celle-ci, lorsque, par tempête du Sud-Est, les lames franchissent l'étroite bande de terre qui, par beau temps, l'isole encore. Malgré un apport de sable, l'action des vagues pénétrant l'étang se traduit par une nette attaque des berges avec formation d'une falaise d'érosion. A l'Est, la régression est aussi rapide : alors que les Saintes-Maries de la Mer se trouvaient à plus de 800m du rivage, il y a

seulement 50 ans, la mer vient battre les constructions de défense et envahit les plages basses, arrachant aux *montilles* environnantes des quantités énormes de sable. Même par léger vent du Sud, une légère falaise d'érosion persiste de l'Orgon jusqu'aux Saintes-Maries.

Comme pour le reste du delta, l'insuffisance ou la réduction des apports sédimentaires suffisent donc à entraîner l'instabilité et le recul du rivage. Ce recul semble surtout s'effectuer sous l'influence des tempêtes de Sud-Est par le mécanisme classique de dispersion au large, mais peut-être aussi en raison de phénomènes de départ par transfert. Il est à noter que les épis de défense, face à la ville des Saintes-Maries, présentent sur leur côte Ouest un engraissement sensible amenant la formation de plages embryonnaires. Cette stabilisation tient au fait que les épis favorisent l'arrêt sur place des sédiments venant de l'Ouest par transfert littoral et que les dépôts ainsi constitués se trouvent plus ou moins abrités des houles du Sud-Est. Au contraire les apports par transfert venus de l'Est seraient compensés par le fait que les vents et les tempêtes du Sud-Est soufflant vers la côte, provoquent des phénomènes de dispersion qui inhibent l'engraissement du côté Est des épis.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des plateaux calcaires du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes.* Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette région a fait l'objet de nombreux travaux; parmi les plus récents, ceux de J. Goguel ont modifié considérablement l'idée qu'on s'en faisait autrefois avec L. Bertrand, sans supprimer pourtant les chevauchements d'une certaine importance dont je ne crois plus possible d'admettre aujourd'hui l'existence.

Cette région est formée d'arêtes calcaires qui sont autant d'anticlinaux jurassiques poussés au Sud et tranchés par des failles axiales et subverticales, qui en dégagent souvent les charnières, mais ne sont en aucun cas des plans de charriage. Les plaines que ces arêtes limitent sont des dépressions synclinales occupées par des sédiments crétacés affectés de plis le long des parois faillées et dans les zones de serrage, cependant que les flancs Sud de ces dépressions, modérément inclinés, montrent une succession régulière de ces sédiments. Cette série de plis-failles manifeste longitudinalement des phénomènes variés : abaissements d'axe, ennoyages et terminaisons périclinales, accompagnés de cassures transversales, qui permettent de se rendre compte de la continuité du revêtement crétacé, de la régularité de ses faciès et aussi de l'absence de discontinuités tectoniques importantes. Ces faits concordent avec mes exposés sur le Crétacé [1].

Les accidents transversaux : failles, diaclases et clivages, divisent cet édifice plissé en blocs de plus en plus petits. Les failles sont de deux sortes, radiales et obliques; les pre-

---

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 312; **230**, 1950, p. 453.

mières ont de faibles dimensions, mais sont souvent nombreuses et la somme de leurs dénivellations, lorsque celles-ci se produisent dans le même sens, est parfois considérable. Elles sont peu visibles à la traversée des sédiments plastiques. Parmi ces failles, je citerai : les petites cassures radiales qui découpent la base S. de la Montagne du Thiey et aussi celles de Caussols qui délimitent déjà des compartiments un peu plus importants; quelques-unes ont occasionné des dénivellations plus considérables : gradins de l'accident de Valderoure; abaissement d'axe du Col Bas au Nord de Caille; terminaison périclinale occidentale de la Montagne du Thiey; ennoyage de la Montagne de l'Hubac; enfin, compartiments effondrés de Canaux et d'Emplans (Nord de l'Audibergue).

Les failles obliques se combinent souvent avec les failles radiales; ce sont des accidents sinueux qui se suivent, avec ou sans relais, sur de longues distances, malgré quelques interruptions. Les principales sont : 1° la faille du vieux Séranon, qui va de la Montagne de Lachens au Sud-Ouest à celle de Bleine au Nord-Est en passant par Valderoure; cette faille est affectée de phénomènes de torsion qui affaissent alternativement l'une ou l'autre de ses lèvres; au Nord de Valderoure, elle amène le Crétacé inférieur, disloqué par des phénomènes d'écoulement, en contre-bas du Jurassique; 2° parallèle à la précédente, la faille de Caille qui recoupe obliquement l'Anticlinal d'Andon par l'abaissement d'axe du Col Bas, limite à l'Ouest la plaine de Caille, passe entre le Bauroux et la Montagne de l'Hubac, puis, après une double inflexion avec décrochement autour des terminaisons périclinales des Montagnes de l'Hubac et du Bois de Séranon, reprend sa direction SW jusqu'au-dessus de la Lubie; cette faille est accompagnée de zones de broyage et d'écailles; deux de celles-ci coincent un peu de Barrémien fossilifère dans le plongement périclinal de la Montagne de l'Hubac; 3° un ensemble de failles de direction moyenne SW-NE, se relayant sur plus de 20^{km} de distance depuis les environs de Saillans jusqu'aux Teilles près d'Andon, recoupent toute la série des terrains allant du Trias au Crétacé supérieur et limitent sur leur parcours les fossés crétacés de Mons et des Gras, la terminaison périclinale de la Montagne du Thiey et l'ennoyage oriental de l'Anticlinal de l'Hubac. Ces accidents suggèrent l'existence de relations avec des dislocations post-hercyniennes de la bordure NW du Tanneron et de l'Esterel; 4° enfin, plus à l'Est, la vallée supérieure de la Siagne orientée N-S, ainsi que celle des Nans et les Gorges du Loup de direction NNW, correspondent à des affaissements locaux dont l'origine pourrait être également ancienne.

Aucune observation ne me permet d'admettre l'existence de chevauchements importants et, moins encore, celle de nappes de charriage. Concernant ces dernières, je n'ai pas retrouvé l'affleurement de Cénomanien se montrant à la faveur d'une fenêtre ouverte dans le Trias au fond de la vallée du Loup, au Nord de Bramafan : les quelques fragments de Cénomanien fossilifères que j'ai recueillis là proviennent d'une alluvion reposant sur le Trias à quelques mètres au-dessus du thalweg. Par ailleurs, quand on suit dans le sens longitudinal les plis de la bordure subalpine au Nord de Grasse, on constate un relèvement de l'ensemble vers l'Est avec épanouissement des synclinaux qui finissent par disparaître en hauteur (synclinal de Thorenc), un écrasement avec enfoncement et ennoyage de certains anticlinaux (anticlinal de l'Hubac qui s'écrase à l'Ouest contre l'Audibergue, s'ennoye à l'Est d'Andon et ne reparaît plus qu'en lames discontinues entre cette localité et Gréolières, en même temps que des deux synclinaux qui l'enserrent, celui du Nord s'approfondit et l'autre disparaît, avant que les deux se terminent par relèvement à l'Est de Coursegoules).

En conclusion, la région des Plateaux du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes se montre constituée par une succession de plis-failles dirigés grossièrement Est-Ouest et à peine déversés vers le Sud, que recoupent deux systèmes de cassures : les unes, normales à leur direction, occasionnent des dénivellations souvent peu importantes; les autres, obliques pour la plupart et beaucoup plus longues, sont de grands accidents ayant probablement rejoué à différentes reprises et dans lesquels je verrais l'influence de vieilles dislocations du socle post-hercynien et triasique. Ce compartimentage ancien serait partiellement responsable de la production des failles radiales.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *L'analyse morphométrique des réseaux hydrographiques.* Note (*) de M. **Ph. Pinchemel**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'étude des réseaux hydrographiques est généralement limitée à l'énoncé de leurs qualités les plus apparentes : on parle de régions *bien* ou *mal drainées*, de chevelu hydrographique *plus ou moins dense* sans préciser la forme du bassin, la densité du drainage, les relations entre les affluents, etc.

Nous proposons ici une série d'indices et de rapports qui permettent de définir un réseau hydrographique et de caractériser son bassin; certains de ces indices (n° 1 et n° 5) ont déjà été utilisés par divers auteurs [1], mais ils n'ont jamais servi de bases à des études systématiques.

Nous avons calculé ces indices pour trois bassins très différents les uns des autres : la Selle, affluent de la Somme (craie blanche); la Liane, rivière principale du Bas-Boulonnais (calcaires et marnes du Jurassique et du Crétacé inférieur); la Roselle, sous affluent de la Vienne dans le Limousin (terrains cristallins).

1° *Densité de drainage.* — $Dd = L/Sb$, Sb étant la surface du bassin et L la longueur totale des cours d'eau du bassin, cette longueur étant mesurée suivant l'axe des vallées sans tenir compte des méandres ou de toutes autres sinuosités postérieures à l'établissement du système des vallées

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km/km²)	0,10	0,83	1,94

2° *Densité des thalwegs.* — $Dt = Lt/Sb$, Lt étant la longueur totale des vallées et vallons, drainés ou non.

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km/km²)	0,74	1,54	2,61

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) Belgrand; Horton.

3° *L'indice d'asséchement* est donné par le rapport de ces deux densités $Ia = Dt/Dd$

Selle.	Liane.	Roselle.
7,4	1,85	1,3

4° *Longueur moyenne des thalwegs* $Lm = Lt/N$, N étant le nombre total des thalwegs

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km)	2,4	1,01	0,357

5° *Surface moyenne drainée par thalweg* $Sm = Sb/N$

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km²)	3,4	0,65	0,13

6° *Rapport d'affluents* $Ra = Lt - Ldo/Ldp$, Ldp étant la longueur du drain principal

Selle.	Liane	Roselle.
10,7	11,09	15,4

7° *Indice de développement.* — C'est le rapport de la longueur de la rivière principale à la distance, mesurée en ligne droite, de sa source à son embouchure $I\delta = Ldp/Ld$

Selle.	Liane.	Roselle.
1,15	1,31	1,31

8° *Indice d'homogénéité* Ih_0. — C'est le rapport de la surface du bassin à la surface d'un ovoïde qui aurait pour grand axe la longueur maxima du bassin

Selle.	Liane.	Roselle.
0,837	0,636	0,770

9° *Indice de hiérarchie* Ihi. — Le classement des rivières ou des vallées d'un réseau en séries d'après le développement de leurs affluents a été utilisé en Allemagne et aux États-Unis [2]; le nombre des séries d'un réseau a déjà une valeur indicative quant à la plus ou moins grande complexité de ce réseau. En calculant pour chaque série le nombre des vallées qui confluent régulièrement avec les vallées de la série suivante et en établissant le pourcentage moyen des vallées qui se conforment au développement logique du réseau, on obtient l'indice de hiérarchie; il n'atteint jamais 100 % même dans des conditions théoriques idéales, mais sa valeur, comme celle de l'indice d'homogénéité traduit les facteurs géologiques et les incidents cycliques qui ont orienté et troublé la mise en place du réseau

Selle.	Liane.	Roselle.
49,96 %	51,53 %	47 %

---

[2] GRAVELIUS, *Flusskunde*; HORTON, *Bull. Geol. Soc. of America*, 1945, p. 275 et suivantes.

TECTONIQUE. — *Sur les plis jurassiens à l'Ouest de Saint-Claude.* Note de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Ces plis offrent des exemples frappants de la structure dans le Sud du Jura. Coupés par la Bienne, ils comprennent de Saint-Claude à Vaux : 1° l'anticlinal de Chevry-Avignon; 2° la zone synclinale de Lavans-Saint-Lupicin; 3° l'anticlinal de Vaux-Saint-Romain. Les anticlinaux 1 et 3 sont déversés, le premier vers l'Ouest, comme la plupart des anticlinaux de l'Est du Jura, le deuxième, vers l'Est.

I. *L'anticlinal de Chevry* présente la structure habituelle aux grands anticlinaux du Sud du Jura. Le flanc Est, normal, de l'anticlinal apparaît, sur les parois Nord de la vallée, comme chevauchant, selon un plan incliné de 15 à 30° vers l'Est, sur le flanc Ouest, déversé, du pli. Ce dernier flanc constitue, au Nord du barrage d'Étables, un éperon rocheux, montant à peine à mi-versant, composé des assises du Rauracien au Portlandien, subverticales au fond de la vallée, puis s'infléchissant progressivement vers l'Ouest. Il chevauche à son tour la zone synclinale de Lavans, selon un plan incliné de 20° vers l'Est; mais au niveau de la Bienne, ce plan se redresse presque à la verticale et l'on peut voir, à l'aval du barrage, le contact anormal, NE-SW, suivi en gorge sur 600^{m} par la rivière, entre l'Hauterivien au Nord-Ouest et le Jurassique supérieur au Sud-Est. Vers le Sud, en même temps que le pli s'exalte, le contact chevauchant s'infléchit pour passer à l'Ouest du Truffet, qui représente lui aussi le flanc inverse, jurassique supérieur, de l'anticlinal, recouvrant l'Urgonien synclinal, selon un plan incliné de 30° vers l'Est. Sur le massif même du Truffet, le flanc normal chevauchant a disparu par érosion. Des failles, postérieures au chevauchement, découpent en coin, au Nord-Ouest et à l'Ouest de Chevry, le bord du noyau médiojurassique et le font buter sans chevauchement contre le massif du Truffet (faille NE-SW), puis plus au Sud contre le Crétacé synclinal (faille N-S). Elles semblent se poursuivre sans rejet appréciable au delà des limites du coin considéré et ont dû être préparées par une fissuration antérieure.

II. La *zone synclinale de Lavans* est complexe. Depuis Molinges, son fond s'accidente d'un bombement axial, qui n'acquiert toute sa valeur de pli qu'au delà d'un accident transversal, N 1 à 12° W; celui-ci naît à l'Ouest de la Bataille (1^{km} au Nord d'Étables), rejette le bord Ouest de l'anticlinal d'Avignon, passe à l'Est de Cuttura, puis se dirige vers les Crozets. Il a facilité l'exaltation des plis de sa lèvre Est et déterminé sur son trajet, de Ponthoux à Ravilloles, un soulèvement du Crétacé et du Portlandien en une sorte d'ondulation transversale. A l'Est de l'accident, toute la zone est remplacée, du Nord au Sud, par le synclinal de Leschères, l'anticlinal du Bois de Cuttura, le synclinal du Bois de Lésigna et de Grand-Essart, lui-même accidenté, près du Pré Trainé, d'un

bombement, faillé en long selon son axe et sur ses bords. 200^m à l'Ouest de Valfin, l'ensemble est recoupé par un autre accident parallèle au premier et retroussant les couches sur son parcours.

A l'Ouest de l'accident de la Bataille-les Crozets, la zone synclinale est divisée en deux par son bombement axial : à l'Est, le synclinal de Ponthoux, à l'Ouest, celui de Pratz. Le premier se complique au Sud de Ponthoux, de part et d'autre de la Bienne, d'un écaillement de son flanc Ouest, le flanc Est n'apparaissant pas : en amont du Moulin de Lison, la série crétacée se répète en une écaille, largement chevauchante et qui présente elle-même, au Nord de la Bienne, une tendance à replis et cassures chevauchantes. De là cet étagement de corniches urgoniennes sur le versant jusqu'aux abords de la Bataille. L'écaillement est en rapport avec le serrage exercé sur le bord du synclinal par l'anticlinal chevauchant et dérive d'un replissement du Crétacé, semblable à celui des Bois Thier et de Marignat.

Le synclinal de Pratz est également rendu complexe : *a.* par un repli, qui forme à l'Est du Patey une longue ride valanginienne; *b.* par le chevauchement de son flanc Ouest, redressé ou déversé, sur son flanc Est; c'est à la faveur de ce recouvrement que se trouve pincée entre les deux flancs une lame de Portlandien, à l'Ouest du Patey, sur environ 2^{km},5.

III. L'*anticlinal de Vaux* ne nous intéressera que par sa bordure Est. Au Nord-Est de Vaux, sur la droite de la Bienne, la retombée Est de l'anticlinal, renversée à la base, nous fournit un bel exemple de chevauchement, semblable à celui des Neyrolles : elle repose sur le flanc normal, crétacé, subhorizontal, du synclinal de Pratz, selon un plan incliné d'environ 20° vers le Nord-Ouest. La poussée de l'anticlinal a retroussé la corniche urgonienne de la série synclinale, sur son bord Ouest. Postérieurement au chevauchement, une faille verticale, longitudinale, a mis en contact brutal, à l'Est de la chapelle de Saint-Romain, le flanc déversé de l'anticlinal contre le noyau médio-jurassique, soulevé, de celui-ci : le contact prend en écharpe les assises du Jurassique supérieur. Au Sud de Chiriat, les faits sont du même ordre.

Vers le Nord, des accidents transversaux, environ N. 30° W., recoupent la bordure Est de l'anticlinal, la décalent, la dénivellent en touches de piano, et expliquent les variations structurales qu'on observe entre les sections qu'ils délimitent. Les principaux sont ceux de Saint-Romain, de Molinges (carrières de La Valière, de Pratz), de Pré Ron, des Louvières. Certains sont composites et formés localement de sections qui se prolongent, presque sans rejet, dans les terrains voisins. Le plus important, celui de Molinges, a favorisé, au Nord de la Bienne, l'exhaussement de sa lèvre Est, le décalage apparent vers le Nord-Ouest des éléments de celle-ci, la disparition des flancs déversés de l'anticlinal de Vaux et du synclinal de Pratz.

Sans revenir sur des conclusions antérieures, nous soulignerons la multiplicité des accidents postérieurs aux plis et chevauchements; ils altèrent

souvent la structure originelle, peuvent masquer l'importance réelle des recouvrements et entraîner une fragmentation et une redistribution, en compartiments abaissés ou soulevés, des éléments du pli. Ils semblent généralement provenir d'un rejeu partiel d'accidents antérieurs, sans rejet appréciable; ces derniers, très nombreux, se traduisent dans le détail de la morphologie et peuvent être décelés par l'examen des stéréophotos d'avion.

HYDROLOGIE. — *Les variations de la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines en fonction de l'altitude.* Note de M. **Henri Schoeller**, présentée par M. Charles Jacob.

La teneur en gaz carbonique libre ou combiné des eaux souterraines traduit fidèlement la tension du même gaz dans l'atmosphère des sols, et, par là-même, l'activité chimico-physique des phénomènes d'altération des roches.

Or, j'ai précédemment montré (1) comment la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines variait en fonction du climat : augmentation depuis les régions tempérées jusqu'aux steppes africaines, puis diminution vers le Sahara. Il restait à voir si la même loi s'étendait de France aux régions polaires. J'ai ainsi analysé les eaux de nos régions montagneuses, Alpes et Pyrénées, à des altitudes de plus en plus élevées. Cela revenait à aller à des latitudes de plus en plus grandes. Les résultats sont les suivants :

Teneur en CO_2 libre.

Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***)	Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***).
Queyras et Galibier.							
900-1000...	8	10-38	24,3	2000-2500...	9	2-15	8,3
1000-1500...	10	1,1-33	17,5	2500-2665...	8	2-16	8,0
1500-2000...	15	8-27	14,8				
Tarentaise.							
1500-2000...	3	8-12	10,6	2000-2370..	3	2-11	5,3
Vallée du Gave de Pau.							
500-1000...	6	4-56	15,1	1500-2000...	8	2-13	6,5
1000-1500...	10	3-23	9,1	2000-2350...	7	2-5	4,8

Teneur en CO_2 combiné.

Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***)	Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***).
Queyras.							
900-1000...	8	82-156	124	2000-2500...	8	26-112	60
1000-1500...	10	66-180	101	2500-2665...	5	32-61	45
1500-2000...	15	53-126	82				
Vallée du Gave de Pau.							
500-1000...	6	51-132	80	1500-2000...	8	30-63	44
1000-1500...	10	51-114	67	2000-2350...	7	27-45	39

(*) Nombre d'analyses.
(**) Valeurs extrêmes de la teneur en CO_2.
(***) Valeurs moyennes de la teneur en CO_2.

(1) *Bull. Soc. géologique de Fr.*, (5), 11, 1941, p. 275 et 284.

Les analyses nous montrent qu'aussi bien la teneur en CO_2 libre que la teneur en CO_2 combiné qui en dépend diminuent en fonction de l'altitude, et cela d'une manière remarquablement nette. Cette diminution générale du gaz carbonique peut être reliée à une réduction de l'activité biologique des sols. On conçoit qu'avec des latitudes ou des altitudes croissantes, c'est-à-dire avec une diminution de la température moyenne annuelle du sol ou de l'air, le taux de production du gaz carbonique s'abaisse. Certes la pluviométrie n'est pas indifférente, car elle aura pour conséquence une dilution plus grande du gaz carbonique dans l'eau. C'est peut-être pour cette dernière raison en particulier, et peut-être aussi pour d'autres causes géologiques, que la teneur en gaz carbonique des eaux des Pyrénées est inférieure à celle des eaux du Queyras, à altitude égale. Dans la vallée du Gave de Pau la pluviométrie est de 1000 à 1500^{mm}, tandis que dans le Queyras elle n'est que de 800 à 1000^{mm}.

La décroissance de la teneur en gaz carbonique n'est pas régulière dans une même région. D'abord les sources peuvent avoir leur alimentation dans des régions très élevées au-dessus d'elles. Ainsi dans le Queyras, une source au voisinage du Pont de la Mort, à l'altitude d'environ 1070^{m}, d'un débit de 50 à 100 litres/sec, ne présentait qu'une teneur de 12^{mg} de gaz carbonique libre au lieu de 24, et 70^{mg} de gaz carbonique combiné au lieu des 120 normaux. Cela tient à ce que la source s'alimente bien au-dessus de la vallée, comme en fait foi sa température de $6^{o},8$ au lieu d'une température normale comprise entre 9 et 12°. De plus d'autres facteurs géographiques ou géologiques peuvent intervenir : la vitesse de circulation de l'eau dans des chenaux plus ou moins aérés, l'exposition, adret ou ubac des zones d'alimentation. Mais ce ne sont que des variantes de la règle ici bien établie de la diminution de la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines en fonction de l'altitude et de la latitude.

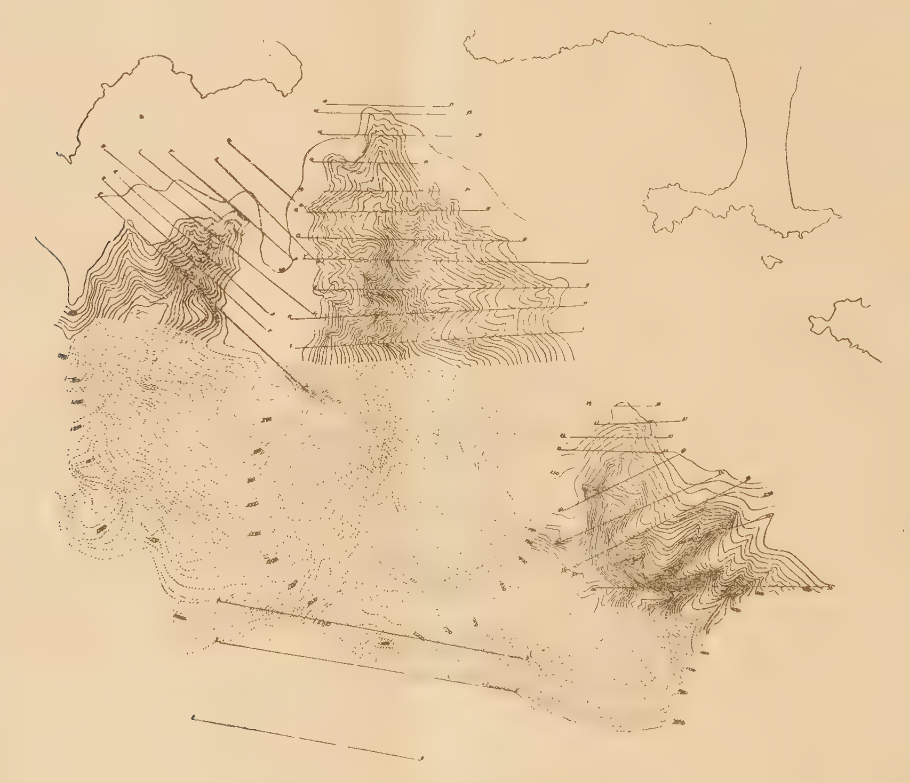
OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la topographie sous-marine au large de Toulon.* Note de MM. **Jacques Bourcart**, **Georges Houot** et M[lle] **Claude Lalou**, présentée par M. Donatien Cot.

Le socle continental, au large de Toulon, a pu être exploré en juin 1949 à bord de l'aviso *Ingénieur Élie Monnier.* Les levés ont été effectués par sondage continu avec le sondeur N. J. 3 et concurremment avec un montage vertical de l'*asdic*, réalisé par le Commandant J. Y. Cousteau. Les résultats de ces levés ont été combinés avec les nombreux sondages ponctuels obtenus par l'Ingénieur hydrographe Marti en 1937. Ils se sont révélés en très bonne concordance (1).

Dans cette région, le socle continental est particulièrement étroit, la distance

(1) Sur la carte ci-après les courbes en traits pleins correspondent à nos levés et à ceux de Marti, celles en pointillé à l'interprétation des sondages de Marti.

entre la ligne réunissant le Cap Cépet à la presqu'île de Giens (qui laisse en dehors la Grande Rade) et le fond de la Méditerranée, presque uniforme à partir de — 2200^{m}, n'est que de 19^{km} quand, au large de Sète, le socle a une largeur de 150^{km} environ.



La forme de ce socle est très complexe : trois profondes gorges l'accidentent, séparées par d'étroits pédoncules, d'abord peu inclinés jusqu'à — 250^{m}, puis se terminant par une convexité. Les gorges débutent par des cirques esquissés dès — 90^{m}, puis en pente rapide à partir de — 150^{m} comme s'ils avaient été tronqués par une surface d'érosion. La gorge centrale débute un peu à l'Ouest de la passe de la grande rade, au voisinage du Cap Cépet. Le cirque s'étale largement vers le Sud-Est entaillé par une série de ravins. La paroi du cirque de la gorge de l'Est, beaucoup plus éloigné de la côte, se trouve sur le prolongement de la même ligne, parallèle d'ailleurs à la côte de Porquerolles. La gorge de l'Ouest, qui paraît se réunir à une autre de l'autre côté du prolongement sous-marin du Cap Sicié, a initialement une forme très simple sur sa rive gauche, mais elle reçoit de nombreux ravins sur sa rive droite.

Les trois gorges sont très encaissées jusqu'à une profondeur de — 1500^{m}. Elles s'élargissent ensuite beaucoup et le relief plus mou, semble celui d'un delta. Au delà de — 2000^{m} la topographie est très indécise.

Le profil en travers des gorges présente d'abord une pente douce jusqu'à — 150^{m}

qui devient très raide en dessous de cette profondeur; vers — 450^m la forme est très compliquée, avec des remontées et même des aiguilles. Enfin au-dessous de — 450-500^m la pente devient très raide, parfois presque verticale, jusqu'au fond de la gorge. Celui-ci assez plat, présente des élargissements et des étranglements. La profondeur de ces diverses ruptures de pente augmente régulièrement de l'amont vers l'aval.

La pente moyenne de la gorge centrale est beaucoup plus raide sur la rive droite que sur la rive gauche qui est entaillée de ravins. Il en est de même pour la rivière orientale, mais les ravins de la rive gauche sont profondément encaissés. Au contraire, dans la rivière occidentale (Sicié), c'est la rive gauche qui est la plus raide.

Il semble que la morphologie soit déterminée par une structure où les directions NW-SE joueraient un rôle prédominant, ainsi que par des fractures de direction méridienne.

La pente des profils en long des gorges est très forte (7° en moyenne), régulière jusqu'à — 1400^m environ (Toulon), — 200^m (Sicié) puis elle s'accentue. Mais dans le cas de la gorge en zig-zag de Porquerolles, deux ruptures existent vers — 900^m et — 1400^m, un adoucissement se produit vers — 1700^m dans la région supposée deltaïque.

Les détails de la morphologie : nombreuses rivières affluentes, coudes brusques, aiguilles ou vires, ne semblent pouvoir s'expliquer que par un creusement de type fluvial. Il faut en outre noter que cette morphologie est très différente de celle du Rech Lacaze Duthiers que nous avons précédemment étudié ([2]).

MÉTÉOROLOGIE. — *Les courants de perturbations* ([1]) *entre le Sud de l'Afrique, l'Australie et la Terre Marie-Byrd.* Note (*) de MM. **Raymond Jalu** et **André Viaut**, présentée par M. Pierre Lejay.

De récentes études de Langford et Gibbs ont signalé une zone de *cyclogénèse* dans un col isobarique à l'extrémité Sud-Ouest de l'Australie. Les dépressions qui naissent ainsi ont souvent le caractère de cyclones tropicaux ; elles se déplacent vers l'Est, mais un grand nombre d'entre elles, bloquées par le bord occidental de l'anticyclone du Pacifique qui s'étend souvent sur toute la Nouvelle-Zélande, se dirigent vers le Sud-Est ; elles sont très souvent occluses à leur arrivée aux îles Macquarie ; il a été possible de suivre de telles dépres-

---

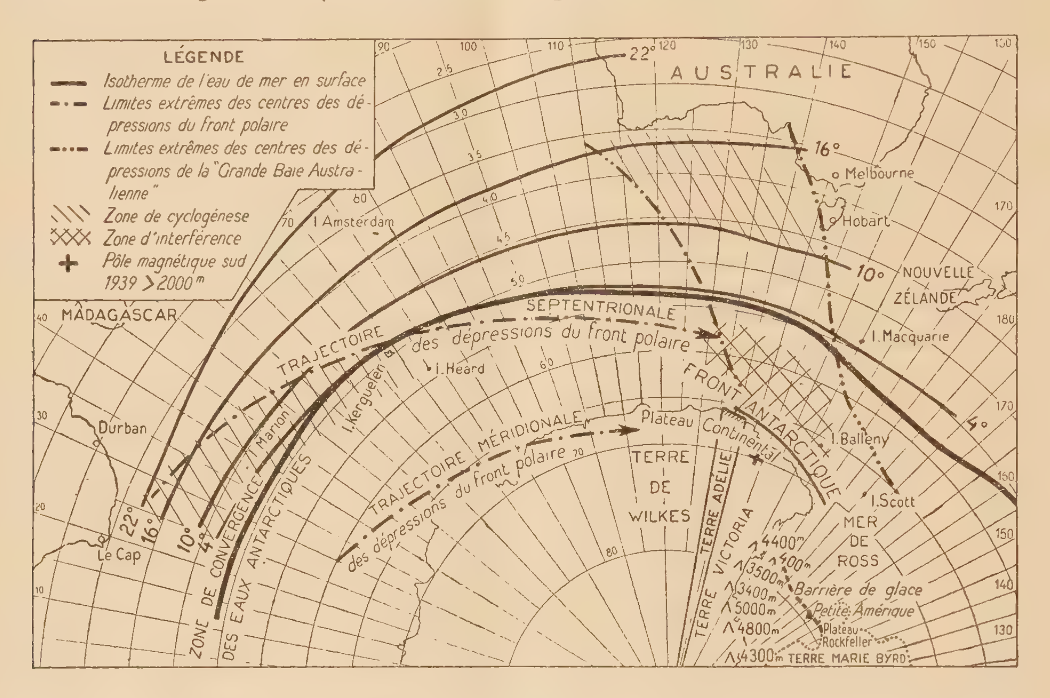
([2]) J. Bourcart, A. de la Bernardie et Cl. Lalou, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1631-1633.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 224.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

sions plus au Sud, quand la trajectoire des centres passait entre les îles Macquarie et les îles Balleny et Scott.

Ces perturbations *interfèrent* souvent avec les perturbations les plus septentrionales du front polaire; il en résulte un nouveau type de *cyclogénèse*, particulièrement *vigoureuse* (baisse barométrique de — 30 à — 50^{mb} en 24 heures).



Le centre de l'immense tourbillon cyclonique qui en résulte reste stable pendant plusieurs jours dans le triangle Macquarie-Terre Adélie-Balleny; lorsqu'il commence à se combler, la dépression se déplace vers le Sud-Sud-Est pour aller mourir en Mer de Ross et se résorber près des montagnes de la Terre Marie Byrd. C'est alors une violente tempête (tempête 13 ou plus) qui sévit sur la Terre Adélie; au blizzard, s'ajoutent de fortes précipitations de neige; la température en surface, relativement élevée tant que les vents sont d'E à S-E (air polaire de retour à l'avant), s'abaisse très fortement dès que les vents soufflent d'entre S-S-E et S-W (air continental antarctique à l'arrière de la perturbation).

Il se produit, immédiatement après, un phénomène déjà signalé par les aérologistes de l'expédition américaine *High Jump*; l'écoulement forcé de l'air antarctique loin vers le Nord dans la partie postérieure de la grande dépression initiale entre en conflit avec l'air polaire maritime; il en résulte un système frontal important localisé vers le 65e parallèle qui s'étend vers l'Ouest, en partant du 170e méridien; le temps s'aggrave à nouveau; du ciel couvert, tombe une chute de neige continue par vent du Sud fort, puis modéré durant les intervalles pendant lesquels le baromètre accuse sa hausse la plus forte.

Ainsi, les caractéristiques les plus frappantes du climat en bordure Nord de la Terre Adélie sont :

1° *des vents* soufflant en très fortes tempêtes, qu'ils soient liés aux effets du *front antarctique* ou aux perturbations atteignant la zone dépressionnaire de la mer de Ross;

2° *les effets atténués* du front polaire direct résultant du comblement des dépressions et d'une frontolyse manifestes en bordure du continent au Nord de l'anticyclone antarctique;

3° *le très mauvais temps consécutif aux interférences* de perturbations entre es îles Balleny et Macquarie;

4° *les changements rapides* de type de temps, liés à un haut indice de circulation dans cette zone de l'antarctique.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la propagation des radiations visibles et infrarouges à travers le brouillard.* Note (*) de MM. **Albert Arnulf**, **Jean Bricard** et **Claude Veret**, présentée par M. Charles Maurain.

On a mesuré la transparence du brouillard artificiel produit dans l'enceinte édifiée au laboratoire de Bellevue, en utilisant deux faisceaux lumineux parallèles issus d'une même source, traversant le brouillard sous deux épaisseurs différentes, celui qui correspond à la plus petite épaisseur servant de faisceau de référence. On les reçoit sur le même récepteur dispersif et on les égalise en faisant varier le flux de référence dans un rapport connu. La source et les appareils récepteurs sont placés en dehors de la chambre; quatre tuyaux de longueurs égales deux à deux, placés à l'intérieur et munis de fenêtres convenables, sont parcourus par les faisceaux; ils permettent de limiter les épaisseurs de brouillard traversées par chacun, sans faire intervenir l'influence des fenêtres.

La source utilisée est un arc à électrodes de charbon, le domaine spectra exploré étant compris entre $0^{\mu},4$ et $5^{\mu},5$. On a effectué des mesures successives de l'absorption en un certain nombre de points de ce domaine; on a contrôlé la stabilité du brouillard en choisissant une longueur d'onde fixe et en faisant simultanément les mesures pour celle-ci, et pour la longueur d'onde à étud ier. Ce dispositif permet ainsi de mesurer le flux global qui traverse le brouillard, c'est-à-dire la somme des flux transmis et diffusé, mais ne permet pas de les séparer l'un de l'autre. Le dernier, dont l'importance a été mise en évidence au cours de précédents travaux [1] n'intervient pas sensiblement ici, étant donnée la disposition de notre montage.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) Bricard, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1164; Middleton, *Journ. Opt. Soc. Amer.*, **39**, 1949, p. 576.

Les dimensions des gouttes de brouillard et leur répartition statistique ont été déterminées en les captant avec des fils fins et en les photographiant au microscope. On a utilisé les réseaux de fils de plexiglass fabriqués par M. Demon (²), suffisamment serrés pour que la plupart des gouttes qui viennent les frapper, entraînées par un courant d'air normal au réseau de fils, soient retenues, alors que le courant d'air peut passer. Leurs diamètres sont compris entre 1^{μ} et 20^{μ}; elles sont plus fines que celles qui constituent généralement les nuages naturels.

On a opéré sur une épaisseur effective de brouillard égale à 1^{m}; une épaisseur aussi faible ne permet pas la mise en évidence des bandes d'absorption de la vapeur d'eau.

Le fait le plus important qui se dégage de ces mesures est la constance du facteur de transmission du milieu le long de tout le domaine spectral exploré.

Toutefois, les mesures effectuées avec les longueurs d'onde de référence ont révélé une instabilité appréciable au cours de chaque série de mesures, durant une vingtaine de minutes, qui se traduit par des variations d'au moins 10 % du facteur de transmission. Il a donc été nécessaire pour interpréter les résultats, d'effectuer une moyenne sur l'ensemble des mesures correpondant à chaque longueur d'onde représentée par les graphiques (*fig.* 1, radiations visibles) et (*fig.* 2, radiations infrarouges) en densités optiques.

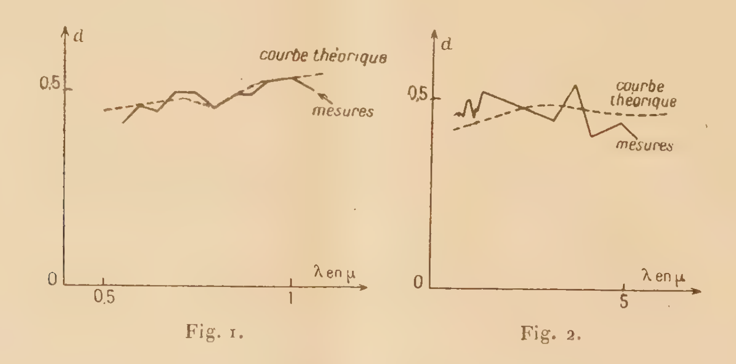


Fig. 1. Fig. 2.

La théorie de Stratton et Houghton (³) permet d'évaluer, pour une longueur d'onde donnée, le coefficient d'absorption d'un brouillard de gouttelettes homogènes de rayon déterminé. Connaissant la répartition statistique des dimensions des gouttelettes, nous avons évalué les variations relatives de ce coefficient (⁴), ou, ce qui revient au même, de la densité optique, en fonction de la longueur d'onde pour le milieu étudié (le calcul des valeurs absolues nécessiterait la détermination expérimentale du nombre total de gouttes par

(²) Brun, Demon et Vasseur, *La Recherche aéronautique*, 1, 1948, p. 15.
(³) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 159.
(⁴) Bricard, *La Recherche aéronautique* 11, 1949, p. 19.

unité de volume, qui n'a pas été faite ici). Ces variations sont représentées en traits pointillés sur les figures 1 et 2; elles sont très différentes de celles qui correspondraient à un brouillard dont toutes les gouttelettes auraient des dimensions identiques. On voit que les valeurs expérimentales se placent au voisinage des valeurs théoriques que nous avons calculées ci-dessus, les écarts qui se manifestent dans la partie infrarouge du spectre étant imputables à l'imprécision des mesures. Ces résultats peuvent donc être considérés comme une vérification de la théorie de Stratton et Houghton, dans le spectre infrarouge, vérification qui, d'ailleurs, a déjà été effectuée dans le spectre visible avec plus de précision par l'un de nous ([2]). Nous nous proposons d'appliquer la même méthode dans la Nature, et de compléter ainsi les résultats obtenus précédemment par Arnulf et Bayle ([5]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le métabolisme des fruits de Tomate et son altération sous l'effet des blessures.* Note de MM. **Roger Ulrich** et **Jean Renac**, présentée par M. Raoul Combes.

Les observations faites à notre laboratoire sur la respiration des fruits de Tomate sains ou blessés ([1]) ont été accompagnées de mesures relatives à la teneur en glucides solubles, en composés pectiques et à l'acidité fixe titrable.

Les teneurs en glucides et l'acidité ont été mesurées sur la solution obtenue en reprenant par l'eau les constituants des fruits solubles dans l'alcool. Les teneurs en composés pectiques ont été déterminées par la méthode de Carré et Haynes légèrement modifiée, appliquée aux liquides fournis soit par cinq extractions d'une heure à l'eau froide (pectines solubles), soit par quatre extractions à l'acide chlorhydrique N/75 (composés pectiques totaux); les résultats des mesures ont été exprimés en milligrammes de pectate de calcium.

Les divers lots de fruits ont été constitués de la même manière que dans notre étude sur la respiration ([2]).

Les résultats des dosages sont groupés dans les deux tableaux ci-après; ils ont été rapportés à 10 fruits privés de calice; les teneurs en eau ont trop varié dans le cas des fruits blessés pour que le poids frais puisse servir de référence.

L'examen de ces tableaux apporte quelques données sur le métabolisme normal des fruits de Tomate et sur la façon dont il est affecté par les blessures.

([5]) *La Revue d'Optique*, 28, 1949, p. 691.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 459.

([2]) Les lettres (*a*), (*c*), (*d*) et les chiffres I, II, III, IV désignent des lots de fruits et des stades du développement décrits dans la Note précédente (*loc. cit.*).

Glucides (en grammes) et *acidité* (en milliéquivalents).

(Gl. : glucose; Lev. : lévulose; Sacc. : saccharose; Tot. : glucides solubles totaux; Ac. : acidité fixe titrable).

Stades du développement à l'origine	Témoins initiaux (*a*) (1).					Fruits blessés (*c*).					Témoins finaux (*d*).				
	Gl.	Lev.	Sacc.	Tot.	Ac.	Gl.	Lev.	Sacc.	Tot.	Ac.	Gl.	Lev.	Sacc.	Tot.	Ac.
I	0,2	0,2	0,2	0,6	3,0	0,5	0,5	0,3	1,3	4,5	0,6	0,4	0,3	1,3	6,5
II.....	1,0	0,5	0,2	1,6	8,4	1,3	1,4	0,6	3,4	5,1	1,4	1,7	0,8	4	6,2
III....	1,4	1,1	0,6	3,1	7,9	1,5	1,6	0,6	3,7	2,5	1,5	1,8	0,5	3,9	6,0
IV....	1,1	1,1	0,7	3,0	4,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Composés pectiques.

		Témoins initiaux (*a*).		Fruits blessés (*c*).		Témoins finaux (*d*).	
		Pect. sol.	Pect. tot.	Pect. sol.	Pect. tot.	Pect. sol.	Pect. tot.
Septembre	I........	52 mg	205 mg	20 mg (?)	326 mg	80-90 (?)	320 mg
	II.......	80	347 (max)	135	260	125	266
	III......	90	273	163	210	120	330
	IV......	130	190	–	–	–	–
Octobre	I........	30	177	50	140	46	181
	II.......	50	333 (max)	127	155	108	277

Le développement des baies pendant la période étudiée est marqué par un enrichissement en sucres (glucose, lévulose, saccharose) jusqu'à l'approche de la maturité complète.

Les acides fixes s'accumulent jusqu'à la fin de la période de croissance pour décroître ensuite progressivement.

Enfin, la richesse en pectines croît d'une façon continue tandis que les composés pectiques totaux passent par un maximum à la fin de la période de croissance (stade II à III); on notera combien les fruits récoltés en octobre sont pauvres en pectine par rapport à ceux de septembre.

Les blessures affectent peu le métabolisme des sucres; les teneurs des fruits blessés sont le plus souvent intermédiaires entre celles des deux lots témoins. Le traumatisme a donc seulement ralenti l'accumulation glucidique ([3]). Au sujet de l'évolution pectique, les valeurs relatives aux fruits blessés (II et III) sont remarquablement faibles quant aux composés pectiques totaux, et fortes en ce qui concerne les pectines : tout se passe donc à ce point de vue comme si la blessure activait la maturation. Enfin, l'effet de la blessure paraît être d'accélérer la diminution des acides fixes qui caractérise la maturation normale.

On affirme couramment que les blessures accélèrent la maturation des fruits. Dans le cas des tomates étudiées ici, c'est bien la conclusion à laquelle

([3]) Ce résultat confirme ceux que nous avons antérieurement publiés au sujet des gousses de Pois (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, **90**, 1943, p. 64).

on arrive si l'on tient compte seulement de la teinte foncée des fruits et de l'évolution de l'acidité et des composés pectiques; il faut pourtant ajouter à l'encontre de cette interprétation que les blessures gênent légèrement l'enrichissement normal des fruits en sucres.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la fécondation et du développement syncytial du proembryon chez* Ginkgo biloba. Note de M. **Michel Favre-Duchartre**, présentée par M. Raoul Combes.

Dans une Note précédente [1] nous avons suivi l'évolution caryologique pendant la gamétogenèse ♂ et ♀ chez *Ginkgo biloba*. Nous allons maintenant décrire la fusion des gamètes et les premiers stades du développement du sporophyte [2].

Le spermatozoïde pénètre tout entier dans l'oosphère : son mastigosome spiralé reste discernable dans le cytoplasme périphérique, tandis que son noyau, totalement Feulgen-négatif, va s'accoler à celui de l'oosphère. Puis le *pronucleus* ♂ pénètre progressivement dans le *pronucleus* ♀ (environ dix fois plus volumineux que lui) en y faisant une poche. A ce moment, les filaments chromonématiques ♀, Feulgen-positifs dès l'origine, occupent la partie opposée au point de pénétration du *pronucleus* ♂. Pendant la caryogamie, c'est-à-dire pendant la disparition de la membrane limitant le noyau ♂, les filaments chromonématiques de ce dernier deviennent graduellement Feulgen-positifs. Donc, dans le noyau de fusion, contrairement aux déclarations de Shimamura [3], les filaments chromonématiques ♂ et ♀ donnent la réaction nucléale. Ces filaments vont peu à peu se respiraliser pour former les chromosomes prophasiques. Dès ce stade, les deux stocks chromosomiques se trouvent mêlés et vont subir ensemble la première mitose diploïde : il se forme un fuseau, dont l'orientation ne paraît pas définie, aux deux pôles duquel se constituent, à la télophase, les deux premiers noyaux du proembryon.

Les dimensions de ces deux premiers noyaux passent, à l'interphase, de $20^{\mu} \times 30^{\mu}$ à $80^{\mu} \times 80^{\mu}$. Pendant cette dilatation, les filaments chromonématiques, constamment colorés par le Feulgen, remplissent toute la cavité nucléaire, en devenant corrélativement de plus en plus ténus (déspiralisés). Puis les deux noyaux se divisent simultanément; la prophase est marquée par l'épaississement et le raccourcissement des chromonémas et leur rassemblement progressif dans une région de plus en plus réduite du noyau ($20^{\mu} \times 20^{\mu}$ dans un nucléoplasme atteignant $100^{\mu} \times 60^{\mu}$). Il est vraisemblable de penser que ce sont de telles

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 404.

(2) Strasburger, Hirase, Ikeno et Hertzfeld ont établi que, chez *Ginkgo*, l'embryogenèse débute par un stade syncytial où le nombre des noyaux augmente en progression géométrique de raison 2 jusqu'à 256; après quoi, le proembryon passe d'emblée à l'état cellulaire.

images que Shimamura [3] a interprétées comme des noyaux interphasiques contenant deux sortes de chromatine, l'une Feulgen-positive, constituée en réalité par des filaments chromonématiques rassemblés, l'autre Feulgen-négative, correspondant au nucléoplasme. Les quatre noyaux formés par l'achèvement des deux premières mitoses, se comportent d'une manière analogue à celle de leurs parents; il en est de même pour les 8, 16, 32, 64, 128 et 256 noyaux des générations suivantes, mais l'augmentation interphasique du volume nucléaire est d'autant moins accentuée que le nombre des noyaux est plus grand; en même temps, les processus de déspiralisation des chromonémas pendant l'interphase s'atténuent progressivement.

D'autre part, dans le cytoplasme, on observe parfois, après coloration par le vert-lumière, entre les 2, 4, 8, 16, 32 et 64 premiers noyaux interphasiques, des formations résiduelles d'origine fusoriale. Ces restes fusoriaux, qui ressemblent à des phragmoplastes, n'élaborent pas de cloisons, mais divisent transitoirement le proembryon en autant d'alvéoles qu'il y a de noyaux et ne sont pas conservés d'un stade à l'autre. Ces formations passagères sont décelables dans environ 20 % des cas entre les 2, 4 et 8 premiers noyaux, et cette proportion semble croître pour les embryons plus âgés : mais contrairement à ce que l'on pouvait attendre, nous ne les avons pas observées dans les proembryons plus âgés (128 et 256 noyaux) qui sont pourtant plus proches de l'état cellulaire.

PÉDOLOGIE. — *Sur la préparation et les propriétés de quelques complexes colloïdaux protégés par des molécules neutres.* Note de M. **Étienne-Marcel Bastisse** présentée par M. Raoul Combes.

Nous avons été amené précédemment [1] à préparer et à étudier les propriétés de complexes colloïdaux constitués par un hydrate d'oxyde métallique stabilisé par la silice.

Il nous a été possible ensuite de montrer que l'on pouvait obtenir des composés de ce type en partant de nombreux cations et en utilisant pour stabiliser chacun d'entre eux des anions minéraux ou organiques très variés. Les conditions nécessaires à l'existence de ces complexes paraissent donc extrêmement générales et se résument ainsi :

Le cation doit donner un hydroxyde peu soluble et l'anion protecteur doit présenter, soit plusieurs fonctions acides, soit au moins une fonction acide et une fonction alcool. Dans tous les cas la propriété principale qui caractérise ces complexes est que le métal migre vers l'anode au cours de l'électrophorèse.

---

[3] *Cytologia*, 6, 1934-1935, p. 465-474.

[1] *Comptes rendus*; **215**, 1942, p. 188; **219**, 1944, p. 293; **224**, 1947, p. 212; **229**, 1949, p. 521.

Leur caractère colloïdal n'est pas toujours apparent, car ils fournissent très souvent, surtout quand ils sont fraîchement préparés, des solutions limpides.

Cependant leur comportement physico-chimique vis-à-vis des électrolytes introduits dans la solution et la composition variable des floculats montrent que, même dans ce cas, nous avons affaire à un colloïde et non à un cristalloïde vrai.

La possibilité de stabiliser les hydroxydes par des acides-alcools conduit à penser que l'acide peut se fixer sur l'hydroxyde par sa fonction alcool et lui permettre de jouer ainsi son rôle protecteur. Si la fixation de l'anion s'effectuait par la fonction acide, on concevrait difficilement que le complexe résultant conserve la possibilité de se déplacer dans le champ éléctrique.

Ce fait nous conduit à supposer l'existence de complexes stabilisés par des molécules neutres, Pour vérifier cette idée nous avons employé comme cation le fer parce qu'il était facile, du fait de la coloration intense de cet élément vis-à-vis de certains réactifs chimiques, de suivre son comportement à l'état complexe. Les agents complexants utilisés ont été : la glycérine, le glucose, le saccharose, la dextrine, l'amidon, la gomme Sénégal, la gomme adragante.

Les conditions générales de préparation sont les suivantes : Une solution d'un sel ferrique est diluée avec de l'eau distillée jusqu'à concentration de 100^{mg} de fer par litre. Pour éviter une évolution prématurée du cation, on ajoute une trace d'acide. La solution est alors mélangée avec la quantité nécessaire d'agent complexant de manière à obtenir le rapport pondéral, Protecteur/Métal, suffisant pour le résultat cherché : sa valeur varie de 10 à 50 selon l'agent complexant employé. On amène ensuite le pH vers la neutralité à l'aide d'ammoniaque étendue.

Alors que dans ces conditions la solution de sel ferrique donne un précipité rouille, les complexes eux restent stables. De pareilles solutions sont évidemment inertes dans le champ électrique.

Afin d'établir le caractère colloïdal de ces solutions, nous avons examiné la façon dont elles dialysaient en comparant leur comportement avec celui du complexe ferri-silicique dont la nature colloïdale a été établie précédemment.

Le résultat fut que tous ces complexes ont dialysé à travers la membrane, du moins quand l'agent complexant était lui-même susceptible de dialyser. Cette expérience montre seulement que ce sont des colloïdes à très fines micelles puisque des substances complexantes colloïdales comme l'amidon soluble ont pu elles aussi dialyser.

En vue d'établir la nature colloïdale de ces complexes, nous avons essayé de les faire floculer. En ajoutant aux suspensions stabilisées par la glycérine et le glucose, du chlorure de calcium de manière à avoir une concentration finale de 50 m-éq/l, nous avons obtenu un floculat gélatineux de teinte jaune rouille constitué par de l'oxyde de fer ayant entraîné une partie de l'agent complexant. Il est vraisemblable que ce résultat n'a été réalisé qu'à la

suite d'une semi-dislocation du complexe par l'action de l'électrolyte. Dans le cas où le fer était protégé par la gomme Sénégal, de l'amidon, du saccharose, la floculation n'a pas été obtenue avec le chlorure de calcium même à concentration finale de 1 éq/l, mais avec addition d'alcool à concentration finale de 50 %. Dans ce cas la totalité du fer et du complexant se trouve entraînée dans le floculat. Ainsi il semble bien que dans tous les cas on puisse considérer que les produits préparés soient à l'état de solution colloïdale.

L'existence de ces complexes organiques gêne considérablement le dosage de l'ion ferrique, car il est très difficile de libérer totalement cet élément du complexe où il est engagé.

D'autre part, le fait que l'on puisse doser dans les eaux de drainage des sols des quantités notables de matières organiques diverses, nous permet de supposer que celles-ci jouent, à côté de la silice, un rôle de vecteur vis-à-vis de l'évolution du fer, ferrique ou ferreux, présent dans les sols. Il est vraisemblable que cette conclusion puisse être étendue à d'autres métaux.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'inactivation dans le sol des sels manganeux employés comme engrais*. Note de MM. **Serge Trocmé** et **Georges Barbier**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note récente ([1]) nous avons montré que la chlorose des légumes cultivés sur les terrains d'épandage du Nord-Ouest de Paris peut être rapidement guérie par pulvérisation d'une solution de sulfate manganeux sur leurs feuilles. Au contraire, l'enfouissement en terre du même sel, ou de carbonate manganeux (solubilité aqueuse = 4^{mg} Mn par litre environ) n'a déterminé aucun reverdissement; les plantes n'ont pas absorbé, ou à peine, le manganèse de SO_4Mn, même lorsqu'il fut enterré immédiatement avant les semis :

	Pois.		Épinards.		Poireaux.		
Kg Mn^{++} appliqués par hectare	0	50	0	8	0	180	8
dans le sol ou sur feuilles....	–	sol	–	feuilles	–	sol	feuilles
Mn par million de matière sèche des plantes..................	17,5	20	13	340	14	15	275

Au laboratoire, ces sols, maintenus à une humidité de 20 % et à une température de 20°, en présence de l'air, fixent rapidement et totalement Mn de SO_4Mn incorporé, sous une forme non échangeable (non extractible par percolation de 25^{g} de terre au moyen de 330$^{cm^3}$ de solution normale neutre d'acétate d'ammonium).

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 465.

Par million de terre..........	Terre d'Achères (épinards)				Terre d'Achères (haricots)			
	chlorosante.		non chlorosante.		chlorosante.		non chlorosante.	
Mn^{++} incorporé	0	49	0	49	0	49	0	49
Mn échangeable après 8 jours..	0,9	1,1	1,2	1,8	0,9	1,7	0,9	1,0
» » 35 jours..	0,8	0,95	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9

Or, en présence d'azide (qui inhibe certains transporteurs biologiques d'oxygène), ajouté à raison de 3^{mg},5 par 100^{g} de terre, une fraction importante de Mn^{++} incorporé à ces sols demeure sous forme échangeable; parallèlement, la fraction qui ne peut être extraite qu'avec l'aide d'un réducteur (fraction oxydée) diminue :

Mn *récupéré, de* 98 Mn^{++} *incorporé, par million de terre.*

Résultats après 7 jours d'incubation avec ou sans azide.	Terre d'Achères chlorosante (Mn total : 100)		Terre d'Achères non chlorosante (Mn total : 202)		Sous-sol de limon (Mn total : 610)	
	avec	sans	avec	sans	avec	sans
Mn^{++} échangeable.....	54	1.0	69	1.3	43	43
Mn réductible (*a*).....	24	72	30	102	61	63

(*a*) extractible par la solution d'acétate d'ammonium contenant 0,2 % d'hydroquinone, déduction faite de Mn échangeable ([2]).

Le toluène a donné des résultats de même sens. En outre, l'addition de délayure de terre aux sols d'Achères préalablement stérilisés à l'autoclave a nettement aggravé la fixation de Mn^{++} sous forme non échangeable.

Ces faits confirment que l'oxydation biologique de M^{++} joue un rôle important dans son immobilisation. Cependant, même en présence d'azide, une fraction non négligeable (24-31 %) de Mn^{++} incorporé aux sols d'Achères a été oxydée. Cette fraction atteint 60 % environ dans un sous-sol de limon ferrugineux, où l'oxydation biologique paraît très réduite, puisque l'azide n'agit pas (*voir* tableau). Ces derniers faits suggèrent la possibilité d'une oxydation non biologique de Mn^{++}. Mais nous n'avons pas constaté que celle-ci puisse se produire, même à pH 8.0, dans une argile pure (une kaolinite blanche), ni dans un calcaire pur : la majeure partie de Mn^{++} adsorbé ou retenu par ces substances est demeurée après un mois extractible par une solution de nitrate de calcium ou d'acétate d'ammonium (70-80 %, qui ne représentent d'ailleurs pas une limite). Dans le cas du calcaire, nous avons vérifié que Mn demeure entièrement à l'état bivalent.

Quant aux acides humiques, qui entravent la mobilisation de Mn préexistant dans le sol (*voir* notre Note antérieure), ils ne paraissent pas jouer un rôle

([2]) Sherman, Mc Hargue et Hodgkiss, *Soil Sci.*, 54, 1942, p. 253-257.

important dans l'insolubilisation de Mn^{++} incorporé après leur dépôt. Mn^{++} adsorbé par un humate calcique de tourbe demeure facilement échangeable, même après dessiccation. Bien plus, l'enrichissement d'un sol en acides humiques peut favoriser le maintien à l'état échangeable de Mn^{++} incorporé ultérieurement :

Sous-sol de limon, ayant adsorbé des acides humiques de tourbe, puis 312 Mn^{++} *par million. Durée de contact :* 1 *mois.*

	Sans dessiccation.			Après dessiccation.		
Acides humiques pour-cent.	0	0,5	2	0	0,5	2
Mn^{++} échangeable.............	31	34	98	82	88	168

Conclusion. — L'inactivation des sels manganeux incorporés dans les sols étudiés est liée à leur oxydation, sous l'influence de catalyseurs biologiques notamment. Le blocage de cations Mn^{++}, comme conséquence par exemple d'une adsorption irréversible par des argiles ou des humates, ne joue à cet égard qu'un rôle secondaire.

PHYSIOLOGIE. — *Transformations de l'anhydrase-carbonique par dilution. Conséquences biologiques.* Note (*) de M. **Joseph Stolkowski**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

J'ai montré dans une Note précédente ([1]) que l'intervention de l'anhydrase-carbonique dans la formation des dépôts calcaires coquilliers chez les Mollusques permettait d'en interpréter la diversité minéralogique. Il y a notamment formation de calcite quand la diastase, libérée par les cellules sécrétrices du manteau au contact de l'eau de mer, est inhibée par le chlorure de sodium contenu dans cette eau. Cependant, le manteau d'un certain nombre de Mollusques forme de l'aragonite au contact de l'eau de mer. Cela m'a conduit à penser qu'il pouvait exister plusieurs formes d'anhydrase-carbonique, et pour résoudre ce problème, j'ai étudié le spectre d'absorption de cette diastase dans l'ultraviolet. La solution utilisée ici m'a été fournie par M. A. J. Rosenberg qui l'a préparée suivant la méthode de B. Keilin et Mann ([2]) jusqu'au stade (inclus) de la précipitation fractionnée par le sulfate d'ammonium. L'étude quantitative à diverses dilutions, effectuée au laboratoire de M. Marcel Chatelet, donne les résultats suivants : la solution mère, dont l'activité était de 121 u/cm³ [unités selon Mitchell ([3])] possède un spectre normal de protéine. L'absorption

(*) Séance du 30 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1456.

([2]) *Biochem. Jl.*, **34**, 1940, p. 1163.

([3]) C. A. Mitchell, U. C. Pozzani et R. W. Fessenden, *J. Biol. Chem.*, **160**, 1945, p. 283.

commence vers 3000 Å et devient pratiquement totale vers 2400 Å, la courbe des intensités en fonction des longueurs d'onde présentant un maximum vers 2750 Å. Mais les solutions diluées, bien qu'elles absorbent l'ultraviolet dans les mêmes intervalles, n'ont pas le même aspect, ni le même coefficient d'absorption K. La loi de de Beer n'est pas respectée (*fig.* 1). D'une manière générale, K augmente avec la dilution (*fig.* 2). De même le coefficient d'absorption croît avec le temps dans les solutions abandonnées à 12° environ. Ces solutions, on le sait, perdent spontanément leur activité.

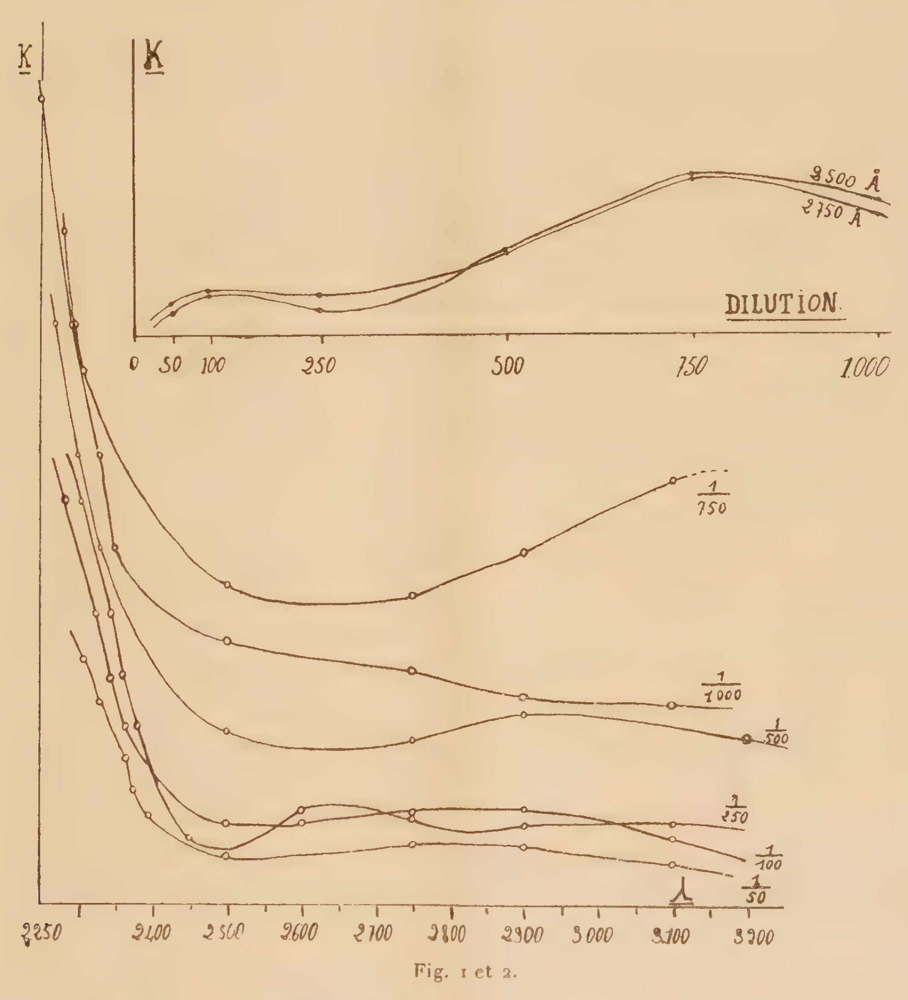


Fig. 1 et 2.

Fig. 1. — Variations du coefficient d'absorption dans l'U. V. en fonction de la longueur d'onde, aux dilutions : 1/50, 1/100, 1/250, 1/500, 1/750, 1/1000.

Fig. 2. — Variations du coefficient d'absorption K, en fonctiou de la dilution, pour les longueurs d'onde de 2500 et 2750 Å. (Remarquer le maximum à la dilution 1/750.)

Il serait intéressant d'étendre à toutes les diastases l'étude qui vient d'être faite. Mais quelle que soit l'interprétation que les travaux à venir permettront de donner du phénomène signalé (séparation de la protéine active et des

protéines inactives qui la couvrent, scission de la molécule diastasique, mélange de plusieurs formes d'anhydrase dont l'une prédominerait à certaines dilutions, solvatation, etc.), il reste acquis que les conditions physiques et chimiques qui règnent dans les cellules où l'anhydrase se forme, imposent dans chaque type de cellule une forme de la diastase qu'il est désormais permis de concevoir sous des aspects différents dans des cellules différentes. Cette notion doit intervenir dans l'explication du déterminisme de la formation d'aragonite dans les coquilles des Mollusques.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Action du rachitisme expérimental sur la glande sous-maxillaire du Rat albinos.* Note de Mlle **Lucie Arvy** et M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

Le retentissement du rachitisme expérimental sur la glande sous-maxillaire du Rat albinos ne semble pas avoir retenu l'attention des auteurs, puisque nous n'avons trouvé, dans les publications qui nous ont été accessibles, aucun travail consacré à cette question. Il nous semble donc opportun de rapporter les constatations faites à l'autopsie de rats albinos mâles, soumis au régime rachitigène de Randoin et Lecoq ([1]).

Notre étude a porté sur 12 rats albinos mâles, pesant en moyenne 45^g au moment de la mise en expérience. Les animaux ont été maintenus au régime rachitigène pendant 100 jours. Deux d'entre eux ont reçu, 6 jours avant l'autopsie, 300 000 U. I. de vitamine D en 4 jours. Deux autres ont reçu, durant les mêmes délais, $0^{mg},5$ de thyroxine par jour, en injection sous-cutanée. Trois autres ont eu la même dose de thyroxine pendant les 7 jours qui ont précédé l'autopsie. Les glandes sous-maxillaires ont été disséquées, pesées à la balance de précision et soumises aux manipulations histologiques. L'étude quantitative a été faite suivant Causse et Lacassagne ([2]).

Le calcul du rapport *poids des sous-maxillaires/poids corporel* montre l'absence de différences statistiquement significatives dans les divers lots. Par contre, l'examen histologique fait apparaître une diminution notable des formations tubuleuses chez les animaux rachitiques. Le rapport *tubuli/acini* est de 0,33 chez les rats rachitisés, de 0,40 chez les rachitisés traités par de la thyroxine, de 0,67 chez des témoins nés le même jour que les sujets mis en expérience. L'administration de vitamine D ou de thyroxine pendant quatre jours ne modifie pas sensiblement le rapport *tubuli/acini* chez les animaux rachitiques.

Ces variations du rapport *tubuli/acini* vont de pair avec des modifications du diamètre moyen des tubuli. Ce diamètre moyen est de $39^{\mu},4$ chez les rachitiques, de $46^{\mu},6$ chez les rachitiques traités par de la thyroxine pendant sept jours, de $46^{\mu},7$ chez les témoins :

([1]) *Comptes rendus*, 97, 1927, p. 1277.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 136, 1942, p. 413.

Les techniques mitochondriales montrent que les cellules du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire des rats rachitiques sont très pauvres en granulations fuchsinophiles. Chez les témoins ces granulations sont, par contre, très abondantes. Chez les animaux ayant reçu de la thyroxine, la plupart des cellules des *tubuli* contiennent un nombre appréciable de grains fuchsinophiles apicaux.

On sait, depuis les recherches de Lacassagne ([3]), que la morphologie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire de la Souris est soumise à un déterminisme endocrinien. Aussi avons-nous recherché les traductions morphologiques d'une modification fonctionnelle des glandes endocrines chez nos animaux. L'examen de l'appareil génital ne montre, chez les rachitiques, aucune modification significative par rapport aux témoins. On sait, d'ailleurs que la glande sous-maxillaire ne présente chez le Rat aucun dimorphisme sexuel net. Par contre, la thyroïde de tous les animaux rachitiques présente l'image de mise au repos déjà signalée par l'un de nous Arvy ([4]) et il nous paraît légitime d'attribuer l'atrophie du segment granuleux de la sous-maxillaire du Rat à une diminution du fonctionnement thyroïdien. Cette interprétation est en accord avec d'autres observations. C'est ainsi que l'on a décrit une atrophie du segment tubuleux de la sous-maxillaire du Rat après thyroïdectomie, Leblond et Grad ([5]); après administration de thiourée Arvy, Debray et Gabe ([6]); après administration de catéchine, Gabe ([7]). D'autre part, l'administration de thyroxine à des animaux rachitiques détermine le retour à la normale du diamètre moyen des *tubuli* et une augmentation très nette du rapport *tubuli/acini*, ce qui prouve le bien-fondé de notre manière de voir.

Conclusion. — Le régime rachitigène de Randoin et Lecoq détermine, chez le Rat albinos, une atrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire. Cette atrophie diminue après administration de thyroxine, ce qui constitue un nouvel argument en faveur du déterminisme thyroïdien de la morphologie de la glande sous-maxillaire chez le Rat.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'interprétation de l'anomalie Rayleigh.* Note de M. **Aron Polack**, présentée par M. Armand de Gramont.

L'anomalie Rayleigh serait d'une interprétation facile si elle était étudiée sans parti pris.

Les personnes atteintes de cette anomalie, dit Lord Rayleigh, ne diffèrent

---

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 180.
([4]) *Arch. Sc. physiol.*, **1**, 1947, p. 135-141.
([5]) *Anat. Rec.*, **100**, 1948, p. 750.
([6]) *C. R. Soc. Biol.* (séance du 28 janvier 1950).
([7]) *C. R. Soc. Biol.* (séance du 28 janvier 1950).

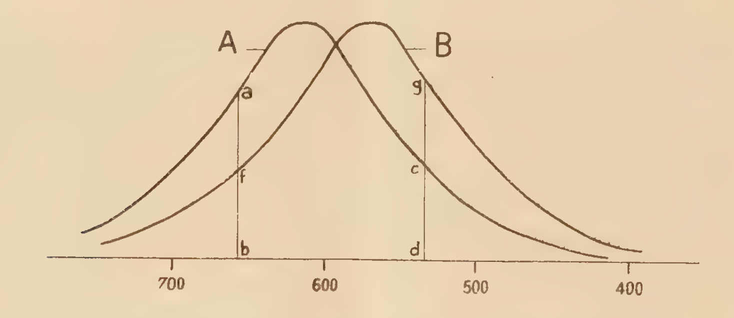
de la majorité que par le rapport du vert au rouge dans leur équation de couleur, mais elles sont aussi capables qu'un observateur normal d'apprécier les petites différences de couleur.

L'examen spectral montre, en effet, que leur sensibilité aux variations de ton ne cède en rien à celle de la majorité, qu'elle est même légèrement supérieure dans l'orangé et que la zone unitonale rouge est un peu moins étendue; il y a donc intégrité complète de la capacité chromatique.

La difficulté de déchiffrer les tables de Stilling ne saurait être invoquée comme preuve du contraire, car ces tables peuvent être rendues indéchiffrables aussi pour l'œil normal, comme on s'en rend compte par l'usage de certaines planches d'Ishara ou de mon propre atlas, ce qui montre que les tables ne peuvent pas être considérées avec Donders comme pseudo isochromatiques. L'anomalie n'est donc caractérisée que par le rapport quantitatif du vert au rouge anormalement élevé dans l'équation de couleur, dite *de Rayleigh*.

Ce rapport constitue à lui seul toute l'anomalie, laquelle n'est représentée que par le type Balfour; il n'en existe pas d'autres quoi qu'en disent certains auteurs. Les recherches impartiales l'ont suffisamment démontré.

Ainsi définie et débarrassée de toutes les additions arbitraires, l'anomalie Rayleigh trouve facilement son interprétation dans la répartition de l'intensité lumineuse le long du spectre. Le maximum lumineux, au lieu de rester dans le jaune, se localise dans l'orangé et ce léger déplacement produit un changement



appréciable dans la couleur composée. En effet, par suite de ce déplacement du maximum lumineux vers les grandes longueurs d'onde, tout se passe comme si la fente rouge de l'appareil spectral envoyait sur la rétine du sujet plus de lumière et la fente verte moins de lumière que dans le cas d'un sujet normal qui cherche, par le réglage des fentes, à obtenir une équation de couleur entre le jaune simple et le jaune composé.

Il est évident que l'observateur du type Balfour ne peut accepter l'équation de couleur établie par l'œil normal, qu'il trouve le jaune composé trop rouge et qu'il est obligé pour le rendre semblable au jaune spectral d'ajouter du vert en élargissant la fente correspondante ou de retrancher du rouge, en réduisant

la largeur de l'autre fente. Dans l'un et l'autre cas le rapport du vert au rouge se trouve augmenté et la couleur composée paraît trop verte à un observateur doué d'une vision normale.

La figure ci-contre fait mieux ressortir l'effet produit par le déplacement du maximum lumineux vers les grandes longueurs d'onde. La répartition de l'intensité lumineuse dans le spectre est représentée par la courbe A dans l'anomalie Rayleigh et par la courbe B dans la vision normale. Les segments *ab* et *cd* relatifs à la courbe A expriment la grandeur de l'impression rétinienne par les radiations rouges (*ab*) et par les radiations vertes (*cd*).

fb et *gd* montrent la grandeur de ces impressions respectives dans la vision normale, *fb* pour les radiations rouges, *gd* pour les radiations vertes.

En résumé, l'anomalie Rayleigh est une anomalie du sens lumineux, sans rapport avec les anomalies du sens chromatique; la preuve peut en être faite simplement par les laines de Holmgreen ou par le classement des éléments du colortest.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'hérédité des anomalies podales chez la Souris.* Note de M. **Nicolas Kobozieff** et Mme **Nathalie Pomriaskinsky-Kobozieff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Rabaud, Bagg, Little et Mc Pheters, Bonnevie, Fortuyn, Murray et autres ont déjà signalé les anomalies podales chez la Souris, telles que polydactylie, syndactylie, hypodactylie, *amputations* et les anomalies connues sous le nom de *Souris luxées*, toutes ces affections étant tantôt récessives (récessivité souvent incomplète), tantôt d'un mode de transmission non précisé. Nous-mêmes avons vu surgir des anomalies des membres postérieurs, entre 1939 et 1941, dans un stock de souris à oreille externe tronquée. Nous avons observé trois formes d'affections podales : *pied bot, contracture des membres,* et *polydactylie.* Il s'agissait d'une anomalie héréditaire à phénotype variable, les sujets anormaux étant peu viables. Nous avons considéré cette mutation comme éteinte, car, depuis 1941, nous ne les avons jamais vu reparaître, malgré un *inbreeding* intense, aboutissant à la constitution de la lignée *L*.

Tout récemment, à la suite de croisements entre les lignées *L* et *P* (cette dernière n'a jamais présenté aucune mutation), nous avons vu réapparaître dans notre élevage, à quatre reprises en F_b et F_2, des anomalies congénitales qui se présentaient sous cinq formes pures ou associées : 1° *polydactylie* : six ou sept doigts; le plus souvent, c'est l'orteil ou doigt I qui se dédouble ou est triplé; 2° *syndactylie*, résultant fréquemment d'une soudure de deux doigts internes adjacents; 3° *hypodactylie*, le plus souvent l'orteil est avorté; 4° *amputation*; 5° souris atteintes de *luxation* (1), à l'examen direct, ces dernières

(1) Le terme *luxation* correspond à la seule observation directe. L'examen radiographique montre en fait qu'il s'agit d'une anomalie plus complexe.

souris ont les membres raccourcis, tordus et en abduction exagérée, de telle façon que l'animal se déplace sur les genoux, la face plantaire du pied dirigée en haut. Les radiographies nous montrent des lésions plus profondes et multiples, intéressant les trois segments du membre, surtout la jambe. Ainsi, l'épiphyse du fémur a le col allongé, le trochantère proéminent; le tibia est raccourci, aminci et tordu; de plus il n'a plus de contact normal avec le fémur. Le péroné est également malformé ou même absent. A noter que les deux formes : pied bot et contracture des membres précédemment observées font défaut.

Notre étude a porté sur 318 sujets de 68 portées, soit 4,7 petits par portée en moyenne (*voir* le tableau).

Nous constatons, dans tous les types de croisements, la présence de sujets anormaux qui sont de différentes formes. Le fait que, dans F_1 (exp. 1), nous trouvons des anormaux, plaide en faveur d'une mutation dominante; le déficit en F_1 (exp. 1), en F_b (exp. 2), en F_2 (exp. 3) et dans l'expérience 4 ($An \times An$), — respectivement 6,1, 22,2, 17,9 et 33,3 %, — suggère qu'il s'agit d'une dominance incomplète, due à la présence des *normal overlaps*. La présence dans la descendance normale F_1 de sujets *normal overlaps* est prouvée par l'augmentation du taux d'anormaux en F_b (exp. 2) par rapport à celui, recensé en F_1 (exp. 1), 22,2 % contre 6,1 % respectivement.

En ce qui concerne la distribution selon les sexes dans la descendance anormale, dans l'ensemble, les chiffres suggèrent une prédominance de l'anomalie chez les mâles 31 ♂♂ et 19 ♀♀.

Quant à la vitalité, la majorité des sujets atteints de luxation meurent avant l'âge adulte; tous ceux qui atteignent ce dernier stade sont stériles (le volume des testicules est deux à trois fois plus petit que celui des sujets normaux) et présentent parfois une nette infériorité pondérale. Les autres formes sont parfaitement viables.

N° d'expérience.	Génération.	Nombre de portées.	Nombre moyen de petits par portée.	Parents.	Descendants An.	Descendants N×Nor.	Descendants Total.	Anormaux %.
1...	F_1	17	4,8	$An \times N$	5	77	82	6,1
2...	F_b	21	4,7	$An \times F_1 N$	22	77	99	22,2
3...	F_2	26	4,8	$F_1 N \times F_1 N$	19	106	125	17,9
4...	–	4	3	$An \times An$	4	8	12	33,3

Abréviations : *An*, souris anormales; *N*, souris normales n'ayant aucune parenté avec la souche mutante; *Nov*, sujet normal *overlaps*; F_1, F_2, première et deuxième générations; F_b, génération de croisement de retour.

Du point de vue de la localisation, les anomalies affectent presque toujours les membres postérieurs (à l'exception d'un seul cas où la Souris atteinte de

luxation présentait une polydactylie du membre antérieur gauche). La luxation est toujours bilatérale. Quant aux autres formes, elles sont tantôt bilatérales, tantôt unilatérales.

Nous supposons que cette anomalie, à phénotype variable, apparue de nouveau, provient de la lignée *L*, parce que c'est elle qui nous a fourni précédemment des malformations podales. Par suite, croyons-nous, des croisements consanguins pratiqués à l'intérieur de cette lignée, cette anomalie a disparu en passant à l'état de *normal overlaping*. En d'autres termes, un certain nombre de sujets d'apparence normale mais en réalité *normal overlaps* (phénotypiquement normaux mais génotypiquement anormaux), se perpétuaient sans extérioriser l'anomalie en question.

Nous estimons que les progéniteurs normaux de la lignée *P*, par croisement avec ces sujets *normal overlaps* de la lignée *L*, ont favorisé l'extériorisation de l'anomalie en F_1 et F_2 et, en outre, ont apporté la vigueur et ont permis en outre l'apparition des formes plus graves comme la *luxation*. Les causes de la disparition des sujets pied bot et atteints de contracture et l'apparition d'individus atteints de luxation nous échappent pour le moment.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la caséine et du phosphocaséinate de calcium sur la durée de coagulation du lait par la présure*. Note de MM. **René Chevalier, Germain Mocquot, Charles Alais** et Mme **Marcelle Bonnat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Koestler [1] a montré qu'il existait deux types de lait de Vache coagulant mal par la présure. Le premier est sécrété par des animaux atteints de mammite, le second, dont le pH et la composition chimique sont normaux, par des vaches à mamelle saine.

L'examen du lait de 450 vaches de race Pie rouge nous a permis de trouver 8 animaux dont le lait ne coagulait pas par la présure en 3 heures à 35°, alors que la coagulation d'un lait *moyen* était dans les mêmes conditions obtenue en 15-20 minutes. Dans ce groupe de 8 vaches, 3 produisaient un lait de mammite (une infection à streptocoques, deux infections à staphylocoques.) Les 5 autres avaient une mamelle saine (pH du lait et taux des chlorures normaux). C'est le lait de 3 de ces derniers animaux que nous avons utilisé. Nous avons pris comme terme de comparaison soit un lait de mélange de 200 vaches, soit le lait à coagulation rapide (8 à 10 minutes) de certains animaux (10 % de l'effectif du troupeau).

Le but de notre travail était de déterminer le rôle de divers constituants du lait dans l'aptitude de ce dernier à coaguler par la présure : nous nous propo-

(1) *J. Dairy Sc.*, 8, 1925, p. 28 et *Landw. Jb. Schweiz*, 40, 1926, p. 290-417.

sions de séparer le rôle du lactosérum du rôle joué par la caséine et par le phosphore minéral et le calcium associés à cette dernière. Dans cette Note, nous indiquons les résultats qui montrent l'influence de la caséine et du phosphocaséinate de calcium.

Le lait trait à l'étable avec propreté, était aussitôt écrémé puis refroidi et maintenu à + 4° durant le temps nécessaire au transport et aux essais (moins de 18 heures). Nous avons vérifié que la population microbienne peu nombreuse reste stable.

Nous avons préparé, selon Warner [2], la caséine d'un lait de coagulation normale et la caséine d'un lait lent. Puis nous avons reconstitué à partir de chaque caséine un lait artificiel, suivant le procédé de Ch. Porcher [3]. Le lait artificiel obtenu avec la caséine *normale* coagule facilement sous l'action de la présure, alors que celui obtenu avec la caséine *lente* coagule beaucoup plus mal ou pas du tout.

Il semblerait donc que la molécule de caséine elle-même soit en cause.

On peut reprocher toutefois à de tels laits artificiels d'être bien éloignés du lait primitif. Aussi avons-nous fait appel à une technique introduisant des changements moins profonds parmi les divers constituants du lait. La supercentrifugeuse Sharples permet de séparer dans un bol clos, après une heure de centrifugation à 30 000 t/min, le phosphocaséinate, déposé sur les parois du bol, du lactosérum presque limpide occupant la partie centrale. Il est alors possible de *reconstituer* un lait artificiel en plaçant dans un mélangeur tournant à 12 000 t/min du phosphocaséinate et du lactosérum provenant d'un même lait ou de laits différents.

Nous avons étudié l'influence de ces manipulations sur la durée de coagulation par la présure : après centrifugation, le phosphocaséinate et le lactosérum provenant d'un même lait ont été *reconstitués* dans le mélangeur et le produit obtenu soumis à l'action de la présure dans les mêmes conditions que le lait primitif. On constate que la durée de coagulation du lait *reconstitué* est voisine de celle du lait primitif : elle est souvent un peu plus longue, de 10 à 20 % en moyenne, mais cette différence est peu importante si on la compare à celles qui séparent les durées de coagulation du lait de mélange (supposée égale à 100), des laits rapides (50 à 60) et des laits lents (900 et plus).

Dans une deuxième série d'essais, nous avons recueilli séparément le sédiment et le sérum de chacune des sortes de lait en prenant la précaution de laver le sédiment à l'eau bidistillée pour en éliminer le sérum. Nous avons alors *reconstitué* les deux sédiments, rapide et lent, dans le même sérum : celui du lait de mélange.

---

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 1725.

(3) *Le lait au point de vue colloïdal.*

Les durées de coagulation des divers types de lait examinés sont indiquées dans le tableau où les résultats sont exprimés en supposant la durée de coagulation du lait de mélange égale à 100.

	Laits *rapides*		Laits *lents*		Laits *reconstitués*.	
Date.	N° de la vache.	Durée de coagulation.	N° de la vache.	Durée de coagulation.	Composants du lait.	Durée de coagulation.
24 mai......	R 1	53	L 1	345	Phosphocaséinate rapide + sérum mélange	99
					Phosphocaséinate lent + sérum mélange	190
11 juillet....	R 2	52	L 2	900	Phosphocaséinate rapide + sérum mélange	76
					Phosphocaséinate lent + sérum mélange	212
15 juillet....	R 3	58	L 3	900	Phosphocaséinate rapide + sérum mélange	91
					Phosphocaséinate lent + sérum mélange	418

On voit que le résultat du lait *reconstitué* dépend de l'origine du sédiment (phosphocaséinate *lent* ou *rapide*).

Ces expériences conduisent à penser que des laits dont le comportement vis-à-vis de la présure est différent présentent une différence dans la molécule de caséine ou dans celle du complexe phosphocaséinate de calcium.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fractionnement d'hydrolysats enzymatiques de protéines.* Note de MM. **Gérard Biserte** et **Paul Boulanger**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les modalités de l'action protéinasique, spécificité, limitation, scission directe des grosses molécules en produits dialysables, confèrent une grande valeur à ce procédé d'hydrolyse, en tant que moyen d'approche de la constitution des protéines. C'est pourquoi nous avons entrepris l'étude systématique d'hydrolysats enzymatiques grâce à une combinaison de techniques permettant un fractionnement très poussé. Les opérations peuvent se schématiser de la façon suivante :

1° Le mélange de polypeptides subit tout d'abord un fractionnement de base à l'aide de *résines à échange d'ions*.

a. Un premier passage sur *Déacidite* fixe environ 32 % de l'azote polypeptidique; les 68 % qui ne sont pas retenus représentent ce que nous appelons la fraction I, à laquelle on peut joindre les eaux de lavage (fraction I *bis*). Le développement en utilisant le déplacement par l'acide acétique N/10 permet

d'obtenir les fractions I *ter*, II et II *bis*; la fraction II, dont le passage coïncide avec le front de l'acide acétique, représente à elle seule 16 % de l'azote total polypeptidique. Enfin, en dernier lieu, on utilise le déplacement par l'acide chlorhydrique N/4, on isole les groupes II *ter* et III; la fraction III, qui est déplacée au moment du passage de l'acide chlorhydrique, contient 6 % de l'azote total. La chromatographie de partage en deux dimensions après hydrolyse totale de ces polypeptides fixés sur *Déacidite* montre leur richesse considérable en acides dicarboxyliques.

b. La fraction I (68 % de l'azote total) est ensuite passée sur une colonne de résine à échange de cations (Zeo-Carb 215); 42 % de l'azote total ne sont pas adsorbés et constituent la fraction IV. La portion retenue peut être déplacée par l'ammoniaque (N/10 et N/2) et donne les fractions V et VI. Ces deux derniers groupes sont constitués par des polypeptides neutres et basiques.

2° La seconde technique mise en œuvre est l'électrophorèse sur papier [G. Biserte (1)]. La séparation est réalisée à pH 7 (tampon phosphate M/30) ou à pH 6 (tampon acétate N/10) sur des bandes de papier de 100^{cm} de longueur, sous un potentiel de 400 volts, pendant 24 à 48 heures. Les fractions II, III et IV peuvent de cette façon être scindées en 3 ou 4 sous-groupes.

Les polypeptides récupérés par élution à l'eau sont soigneusement *déminéralisés* (dessalage direct sur bande de papier ou par chromatographie).

3° Finalement, les fractions ainsi obtenues, de même que celles qui proviennent directement du passage sur résines à échange d'ions sont soumises à une chromatographie de partage séparative sur papier, le solvant étant généralement le mélange butanol-acide acétique. Un certain nombre de gouttes (10 à 20) de la solution à étudier sont déposées sur la ligne de départ du chromatogramme, l'une d'elles étant nettement isolée à l'extrémité de cette ligne. Lorsque la progression du solvant est jugée suffisante, la bande extrême est révélée et sert de guide pour le découpage des zones dans le reste du chromatogramme.

On obtient ainsi pour la fraction VI : 2 zones; pour la fraction V : 12 à 14 zones identifiables avec certitude (R_F : 0,04 à 0,84) (2); pour la fraction IV : 10 zones (dont 9, de $R_F > 0,30$, peuvent être séparées); pour la fraction II : 8 zones; et pour l'ensemble des fractions II *bis* et II *ter* : 6 à 8 zones (également isolables grâce à leurs R_F différents); pour la fraction III : 8 zones (R_F : 0,17 à 0,82).

La constitution des polypeptides ou des groupes de polypeptides ainsi isolés est étudiée par chromatographie de partage en deux dimensions après hydrolyse totale. Nous avons pu en particulier repérer : dans la fraction V, deux

---

(1) *Biochim. Biophys. Acta*, 4 (sous presse).

(2) On appelle R_F, en chromatographie de partage sur papier, le rapport du déplacement du corps dissous à la distance parcourue par le front du solvant.

groupes de polypeptides dont l'un renferme une proportion considérable de leucine (P_2) et l'autre beaucoup de phénylalanine et de leucine (P_1); dans la fraction IV, on trouve des polypeptides *basiques* dont la teneur en acides diaminés est très élevée; dans la fraction III, des peptides *acides*, très riches en acides glutamique et aspartique et ne contenant pratiquement, comme autres amino-acides, que du glycocolle et de l'alanine.

Ces premiers résultats de notre méthode de fractionnement montrent combien peut être féconde son application au problème de la constitution des protéines et de l'action des protéinases.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les pigments ptériniques de l'aile et de l'œuf de* Bombyx mori *L.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **René-Guy Busnel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons rapporté [1] l'existence de pigment ptérinique à fluorescence bleue dans les œufs de *B. mori* L. (Lépidoptère) que nous avons rapproché de la fluorescyanine des écailles de Carpe. Il était intéressant de rechercher si un tel pigment se retrouvait également dans l'aile du papillon, et d'une manière plus générale, d'élucider le problème de la biogenèse et du métabolisme de cette ptérine; d'autant plus que les rapports de structure et de filiation avec la riboflavine, sur lesquels nous avons déjà insisté [2], posaient la question de l'ordre chronologique de leur apparition.

Nous avons traité d'une part 30^{kg} d'œufs, d'autre part $9^{kg},200$ d'ailes de *Bombyx mori* (Race à aile blanche-Roustan 503 en provenance de Laragne) [3].

Les œufs, conservés au frigidaire, et prélevés en juin, ont été desséchés à 100°C pendant 48 heures, puis finement pulvérisés au broyeur à galets. Délipidés par extraction continue au trichloréthylène, ils ont fourni $3^{kg},450$ de résidu sec. Ce produit a été traité à deux reprises par dix fois son poids d'eau ammoniacale à 10 %, et agité pendant 24 heures. Après filtration, la solution, ramenée à pH 7,5, fut agitée par deux fois avec 300^{g} de benthonite (Clarcil de Ceca), chaque agitation durant 24 heures. Les 600^{g} de terre adsorbante, après lavage à l'acide acétique dilué, ont été soumis à deux extractions successives par $1^{l},5$ de méthanol à 55 % alcalinisé par addition de 5 % d'ammoniaque. Les filtrats réunis, distillés sous vide, ont abandonné $24^{g},2$ de résidu ptérinique brut.

Les ailes, provenant d'imagos ayant servi à la reproduction, furent desséchées à l'étuve, délipidées au trichloréthylène, et le résidu ($3^{kg},5$) pulvérisé. Un

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1047.

(2) *Exposés annuels de Biochimie médicale*, 6, 1946, p. 176-224.

(3) Cette abondante matière première, fournie par MM. Schenck, directeur de la Station séricicole d'Alès, et Roustan, Sériciculteur-graineur à Laragne, a été délipidée et extraite par M. Roustan.

traitement analogue à celui qui a été indiqué pour les œufs a donné un résidu ptérinique de 14^g.

Les deux résidus ptériniques se comportent de façon très semblable, qu'ils proviennent des œufs ou des ailes du *Bombyx mori*, et nous signalons l'intérêt de cette constatation qui met pour la première fois en évidence dans des ailes de Lépidoptère Bombycide un pigment ptérinique de fluorescence bleue, facilement extractible en milieu neutre, contrairement aux ptérines classiques des Ptérides.

En fait, il s'agit d'un mélange d'au moins trois substances fluorescentes, comme le révèle la chromatographie de partage sur papier (solvant : phénol ammoniacal). Les R_F des taches correspondant aussi bien à la ptérine de fluorescence bleue typique (R_F, 0,50) qu'aux deux composés de fluorescence moins caractéristique (R_F, 0,40 et 0,85) sont identiques dans les chromatogrammes d'extraits d'aile ou d'œuf.

Il en est de même de la solubilité de ces ptérines dans les solvants hydro-alcooliques ou faiblement alcalins, et de leur insolubilité dans les solvants organiques. Leurs caractères de fluorescence sont également très voisins, bien que l'on note en solution aqueuse une teinte plus violacée pour l'extrait des œufs, plus céruléenne pour l'extrait des ailes. Dans les deux cas, au delà de pH 11, la teinte vire au jaune verdâtre; en milieu très acide, elle s'estompe en prenant dans le cas de l'extrait des ailes une teinte jaune clair. Ces différences nous paraissent tenir beaucoup plus à des concentrations relatives différentes des trois constituants fluorescents qu'à une différence de nature. Le comportement chimique de ces deux groupes de ptérines vis-à-vis de leur réduction par l'hydrosulfite de sodium ou de leur oxydation par le permanganate de potassium en milieu acide est en tous points analogue.

Les quantités de ptérines ainsi extractibles varient au cours de l'évolution, depuis la ponte jusqu'à l'entrée de l'œuf en diapause, ainsi qu'au cours de l'incubation : elles décroissent progressivement, tandis qu'augmente au contraire le taux de riboflavine, de façon inversement proportionnelle de 1 à 2^γ à la ponte jusqu'à 30 γ/g à l'éclosion.

Ce résultat s'inscrit dans le cadre de nos constatations antérieures. Il s'oppose cependant à l'hypothèse émise par L. E. Burgess [4], pour qui la riboflavine serait le précurseur des ptérines, lors de l'incubation de l'œuf de *Melanoplus differentialis* (Orth.). La différence des espèces étudiées est-elle la raison de cette divergence? Il nous est difficile de prendre actuellement position sur ce point particulier. Mais toutes nos observations, tant histologiques que biochimiques, aussi bien chez les microorganismes intestinaux, qui

---

(4) *Arch. Biochem.*, 20, 1949, p. 347-355.

utilisent les ptérines comme précurseurs de flavine (5), que chez les Crustacés (6) et les Vertébrés Pœcilothermes (7), ou encore celle relatée ici même au cours du développement de l'œuf du Ver à soie, témoignent en faveur d'un processus biogénétique général pour toutes les ptérines hydrosolubles du type de la fluorescyanine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'irréversibilité de certaines réactions chimiques dans les organismes : l'action dynamique spécifique.* Note de M. **Théophile Cahn**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Du point de vue de sa marche, un organisme, avec ses différentes fonctions, peut être comparé à un couplage de plusieurs machines. Le processus le plus important et le plus général qui confère aux organismes une certaine autonomie, en les soustrayant pour une grande part aux conditions variables du monde extérieur, consiste dans une production continue de chaleur et d'énergie. Lavoisier, le premier, a montré que l'on pouvait assimiler les êtres vivants à des foyers de combustion, à des machines thermiques. Rubner, un siècle plus tard, ayant mesuré la quantité d'énergie contenue dans les aliments et la quantité de chaleur émise par un animal pendant des durées longues, a pu vérifier sur un grand nombre d'animaux que, compte tenu de l'imprécision des données et de l'arbitraire qu'impliquent les calculs, dans un organisme adulte et au repos, toute l'énergie libérée par la combustion des aliments apparaît finalement sous forme de chaleur; la combustion des aliments qui sont absorbés par un être vivant fournit la quantité de chaleur juste nécessaire pour maintenir sa température interne à une valeur optimum.

A l'inverse de nos machines thermiques, les organismes se chargent de leur propre entretien et, grâce à une réparation continue de leur usure, se maintiennent en état de marche pendant des périodes assez longues; cette usure est très importante car, contrairement à nos machines, les êtres vivants sont construits avec des matériaux très labiles qui participent eux-mêmes aux combustions et qui doivent être continuellement remplacés. Le fait de pouvoir reformer et mettre en place tous les éléments qui se dégradent au cours de la participation aux combustions, de reconstituer à tout instant le matériel de combustion et les matériaux de construction, exige de la part des organismes une condition que nous ne pouvons réaliser dans nos machines : les réactions doivent pouvoir s'y faire aussi aisément dans le sens de la dégradation que dans celui de la synthèse. A moins de faire appel à une propriété particulière de la matière constituant un organisme, nous sommes amenés à le considérer, pris

(5) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 594.
(6) *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 315 et 416.
(7) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 163.

dans son ensemble, comme une machine thermique pouvant réutiliser pour sa propre reconstruction une grande part de l'énergie libérée au cours des réactions chimiques dont il est le siège, autrement dit comme une machine thermique réversible. La réversibilité de beaucoup de réactions fermentaires a pu être démontrée *in vitro* depuis fort longtemps; un grand nombre de travaux des dernières dizaines d'années tend à reconstituer *in vitro* des systèmes fermentaires réversibles à partir de constituants endocellaires de divers tissus.

On conçoit aisément que, dans un édifice aussi complexe qu'un organisme, la réversibilité ne puisse pas englober la totalité des réactions. L'irréversibilité de certaines réactions chimiques se révèle lorsqu'on compare chez un animal la production calorifique pendant une période d'alimentation à celle qui a lieu au cours d'un jeûne. Par des mesures précises de longue durée, Rubner a pu montrer que l'alimentation entraîne toujours une production de chaleur supplémentaire qui ne peut être utilisée par l'organisme qu'en vue du réchauffement, qui constitue donc au point de vue énergétique un déchet. Cette fraction de chaleur inutilisable pour des synthèses fut nommée par Rubner action dynamique spécifique; elle n'est pas due à l'activité de l'appareil digestif, elle a lieu très probablement au sein des tissus et ne peut être attribuée aux réactions réversibles dont ceux-ci sont le siège; elle témoigne au contraire de l'existence de processus chimiques irréversibles qui doivent garantir l'assimilation des composés alimentaires et leur permettre d'entrer dans le cycle des réactions réversibles de l'organisme. Les différences dans les valeurs de l'action dynamique spécifique (elle corresponl à 10 à 15 % de la valeur calorifique des graisses et des sucres; elle dépasse 30 % de cette valeur dans le cas des protéines) indiquent le degré de complexité des réactions nécessaires à l'intégration de l'aliment dans les fonctions tissulaires; c'est la participation obligatoire d'un plus grand nombre de fonctions qui doit être à l'origine de la valeur élevée de l'action dynamique spécifique des protéines.

La production d'une quantité de chaleur juste suffisante pour le maintien d'une température optimum et la possibilité pour l'organisme de faire varier cette production dans le sens d'une augmentation et d'une diminution, en fonction de la température de l'ensemble, font ressortir le caractère particulier des liens entre chaleur et énergie chez les êtres vivants ; tout se passe en effet comme si toute chaleur ne constituait pas obligatoirement un déchet, une forme dégradée de l'énergie, mais comme si elle pouvait dans une certaine mesure entrer à un niveau donné à nouveau dans le cycle des réactions et participer pour une certaine part à leur équilibre.

A 16^{h}15^{m} l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}45^{m}.

R. C.